

Hardware Design Guide

Datasheet

IEEE802.15.4/ZigBee® 3.0 互換

ワイヤレスモジュール

Z240-CP13

2.4GHz 帯特定小電力データ通信システム

Firmware **ver.1.3**

Rev.1.0.0

CLEALINK TECHNOLOGY CO., LTD.

Oct 1st, 2025

本ドキュメントは、内容の多くに、電子工学、無線工学、情報工学などに関わる専門的な用語や説明が含まれます。これらの一般程度の知識において不足する専門性が高い用語や、ここでの固有の内容については、できる限り説明に努めておりますが、ドキュメントの記載内容で説明が不足する場合は、一般的な学術・工学文書などを参考にしてください。

■用語定義

本ドキュメントは、電子部品、無線通信モジュールのデータシートとしての性質を有するもので、文書の提供媒体に依らず、以下、一般にドキュメントとして示します。

本製品の設計、製造、販売元、および、権利者である、株式会社クレアリンクテクノロジーを、以下、多くの場合において「当社」と記載します。

このドキュメントの対象製品である「Z240-CP13」を、必要に応じて「CP13」と略記します。また、単に「モジュール」、「通信モジュール」もしくは「本製品」などと称します。

電波法に関わる用語においては、煩雑な名称、用語が多く含まれるため、このドキュメントにおいては、2.4GHz 帯高度化小電力データ通信システム 10mW/MHz 以下の範囲における限定的な用語を用いて記載します。

本ドキュメントで説明する製品は、利用者に特別の免許や資格などを不要と日本国法令で定められた種類に分類される無線装置です。本製品、もしくは、本製品が組み込まれた機器を装備、もしくは、利用する者を「使用者」、もしくは「利用者」とします。

厳格に、使用者と利用者を区別する必要がある文脈に限っては、機器の管理運用者を「使用者」とし、その管理運用者の下で機能の利用の恩恵を受けている受益者を「利用者」と定義します。また、本製品を使用した技術的設計、分析、試用、もしくは、評価などを行う者を、「設計者」と定義します。この設計書においては、対象の機器などの目的物における一般的な電子工学を含む本ドキュメントの適切な利用が可能な程度の知見を保有していることを想定します。

■免責事項

本ドキュメントは「現状の形」で提供され、商品性、特定目的への適合性、または非侵害の保証、他の場所で参照されている提案、仕様、サンプルの保証など、いかなる種類の保証を提供するものではありません。参照用 URL 等を含めこの資料の内容は予告なしに変更される場合があります。

本ドキュメントで対象としている製品は、高度な安全性や耐久性を要件とする、医療機器や軍事機器、自動車や航空機などの運転装置類など、人命や財産への危害を与える恐れのある機器で使用されることを想定していません。当社では安全性の判断はできませんので、使用するアプリケーションにおける安全性、適合性の判断については、設計者の責任において行ってください。

本ドキュメントの責任の範囲は、発行者によって提供されるサポートの範囲を超えるものではなく、設計者、および、利用者によるこのドキュメントに含まれる情報の使用に起因する事故、法令、法的権利（特許権の侵害を含める）などを保証することではなく、使用方法に関する説明に留まるものとします。知的財産の使用については、明示または黙示を問わず、このドキュメントにおいて付与されるものではありません。別途それぞれの、ライセンス条項や、製品使用許諾契約などによって示されるものを有効とします。

本ドキュメントで得られた技術的情報、試験結果は株式会社クレalinkテクノロジー、量産製造を担当する Chengdu Ebyte Electronic Technology Co., LTD. および、国内電波法準拠の無線装置の認証機関によって取得されたものであり、実際に利用時の条件などによって、結果は異なる場合があります。

本文書内に記載されているすべての商号、商標、および登録商標は、それぞれの所有者に帰属します。また、本文書の著作権のすべては、株式会社クレalinkテクノロジーに帰属します。

■注意事項

本ドキュメントの内容は、製品のバージョンアップ等により変更される場合があります。当社は、予告なしに本ドキュメントの内容を変更する権利を有します。また、このドキュメントの内容はガイドとして使用されることを前提として当社はこのマニュアルで正確な情報を提供するために努力を払っていますが、内容に完全な誤りがないことを保証するものではありません。また、このマニュアルの全ての記述、情報および提案は、明示または黙示いずれの場合にも保証をもたらすものではありません。当社が誤りを発見した場合は、速やかに情報を設計者に公開された媒体にて開示することとしますが、本ドキュメントの改訂更新が同時に保証されるものではありません。設計者において、本製品を利用するための最新情報につきましては、当社ウェブページなど最新情報をご確認ください。

日本語ドキュメントについて

この日本語で記述された本ドキュメントは、日本国内での日本人技術者向けに、日本国内の電波法に適合させた製品のサポートを行うために当社が作成したものです。

類似製品、もしくは、日本国外で販売されているモジュールには適用されず、また、仕様も異なるため、型番、日本国内の電波法の認可などを確認してご使用ください。

このドキュメントは、当社が提供した（正規の販売チャネルを含む）製品についてのみ有効です。当社の販売管理対象外の製品においては、本ドキュメントの各事項は適用されません。また、それらによって発生した、いかなる問題についても、当社はサポート、および、技術的対応や説明などを提供いたしません。

電波法・無線技術について

本ドキュメントで取り扱う、Z240-CP13 は O-QPSK 変調方式をサポートしたデジタルワイヤレス通信モジュールです。

Z240-CP13 については、2.4GHz 帯特定小電力データ通信システムであり、当社が本モジュールの技術認証を受けた事実に基づく適切な使用方法である限りにおいては、その利用において法的義務や制限は生じません。

ZigBee®および ZigBee®3.0 の商標表記について

ZigBee®は Connectivity Standards Alliance (旧 ZigBee Alliance) の登録商標です。本文書における「ZigBee」の表記は、Connectivity Standards Alliance が所有する登録商標を指します。ZigBee®ロゴおよび関連するすべての商標は、Connectivity Standards Alliance の許可なく使用することはできません。

注:本文書中の「ZigBee」、もしくは、「ZigBee®」という用語の使用は、Connectivity Standards Alliance との提携関係を示すものではなく、ZigBee®仕様に基づいた機能の説明のみを目的としています。

【重要】ファームウェア利用許諾契約書への同意について

この契約はお客様と株式会社クレアリンクテクノロジー（以下弊社）との間の契約であり、本モジュールに電氣的なアクセスを行うことにより、お客様は本契約に同意したこととなります。ご使用前に、必ず本契約をご確認の上、設計に反映するようにしてください。

ファームウェアの使用方法のサポート等については、当社サポート情報のご利用、または、窓口へお問い合わせください。

ファームウェア使用許諾契約書**1. 使用許諾**

お客様は、本モジュールを所有する場合に限り、本ファームウェアを使用することができます。本ファームウェアに関する弊社の所有権および知的財産権のいかなる権利もお客様に付与または許諾するものではありません。

2. 制限事項

- (1) お客様は、許可なく本ファームウェアの一部または全部を第三者に対して販売、開示、頒布、貸与、レンタル、リース、譲渡、再使用許諾等することはできません。
- (2) お客様は、許可なく本ファームウェアの一部または全部を複製、修正、改変、翻訳、翻案、逆アセンブル、逆コンパイルまたはリバース・エンジニアリング等することはできません。また、第三者に依頼することもできません。

3. 免責

- (1) 入手可能な ZigBee®製品、または、他の同型、類型の通信規格、通信システムとの完全、または、全ての接続を保証しているものではありません。本ファームウェアの機能は、ZigBee®プロトコルとの互換性を担保するための一部、もしくは、部分的においてすべての機能を実装したものです。
- (2) 本ファームウェアの仕様における不整合や不具合で生じる問題の対応については、お客様の責任において本モジュールの外部制御装置(外部 MCU など)で回避するものとします。
- (3) 弊社は本ファームウェアの使用または使用不能から生じる、いかなる法律的根拠に基づく損害であっても、一切責任を負わないものとします。
- (4) 弊社は本ファームウェアの使用に起因する、お客様と第三者との間に生じるすべてにおいて、一切責任を負わないものとします。

4. 期間

- (1) 本契約は、お客様が本モジュールへの電氣的なアクセスを行った時点で発行し、終了されるまで有効に存続します。
- (2) お客様は所有する本モジュールを廃棄または譲渡することにより、本契約を終了させ

ることができます。

- (3) お客様が本契約の条項に違反した場合には、本契約は直ちに終結し、14 日以内にお客様の負担で本ファームウェアおよび複製データ等をすべて破棄または消去するものとします。

5. 契約の有効性

本契約のいかなる条項で法的拘束力がないとされた場合でも、本契約の他の部分の有効性には影響を与えず、有効かつ法的拘束力を有するものとします。

6. 準拠法

本ファームウェアについての使用許諾契約に関しては、契約の成立も含め日本法を準拠法とします。

7. 合意

- (1) お客様は、本モジュールへの電氣的なアクセスを行った時点で、本契約を読んで理解し、合意したことになります。
- (2) お客様は、本契約が本契約に定められたすべてにおいて、弊社とお客様との間における事前の口頭、書面またはその他の通信手段による一切の合意に優先する、お客様と弊社との完全かつ唯一の合意であることを確認します。
- (3) 本ファームウェアには、個別に使用許諾契約を有するものが含まれている場合があります。その際、個別の使用許諾契約に同意された場合には、その部分に関してはそれぞれの個別の使用許諾契約が優先されるものとします。
- (4) 本ファームウェア、および、マニュアル・ドキュメント類は、予告なく改良、変更する場合があります。

目 次

1	概要	1
1.1	はじめに	1
1.2	ZigBee®製品のロゴ認証	2
1.3	ZigBee®の概説	3
1.4	機能	6
1.5	アプリケーション	9
2	仕様	10
2.1	モジュールの内部構成	10
2.2	定格	11
2.3	動作パラメータ	12
2.4	電圧レンジと電力送信パフォーマンス	14
2.5	ハードウェアパラメータ	15
2.6	ネットワークシステムパラメータ	16
2.7	準拠規格	17
3	ピンアサイン	18
3.1	ピンアウト [Z240-CP13]	19
3.2	回路設計や基板実装時のピンアサインの注意	21
4	配線方法	22
5	ハードウェアデザイン	23
5.1	基本的な回路設計	23
5.2	無線回路への影響	25
5.3	省電力設計	26
5.4	アンテナ・筐体	27
5.5	UART ボーレート	28
5.6	バッテリーの使用	29
6	よくある質問 (FAQ)	32
6.1	通信互換性	32
6.2	通信可能距離	33
6.3	電波の出力損失の回避	34
6.4	デバイスの接続台数 (同時使用台数)	35
6.5	モジュールの使用環境	36
6.6	BER (ビットエラーレート)	37
6.7	パケット到達のリアルタイム性	38
6.8	他の 2.4GHz 通信機器との電波干渉	39
6.9	モジュール制御ロジックの改良の禁止	40

6.10	RSSI 値による送信電力制御	41
6.11	技術適合認証・電波法	42
6.12	日本国外での使用について	43
7	推奨アンテナ	44
7.1	Z240-CP13 2.4GHz 帯高度化小電力データ通信システムの使用可能アンテナ	44
7.2	アンテナの VSWR 値	45
7.3	フレネルゾーン	46
7.4	外部アンテナの設置方法	49
7.5	PCB 基板・FPC 基板の設置方法	50
7.6	アンテナサイズと VSWR の関係	52
8	リフロー・ソルダリングガイド	54
9	バルクオーダーパッケージ	56
10	製品の問い合わせ・サポート	57
11	製品の製造について	58
11.1	品質・ISO 認証	58
11.2	RoHS 認証	58
11.3	日本国外でのご利用に関して	58
	改訂履歴	59

1 概要

このドキュメントでは、主に、ハードウェア仕様、設計・製造等における必要事項などの技術要件や制約などを説明しています。

1.1 はじめに

本 ZigBee®3.0 互換モジュールは、周波数 2.4GHz 帯の ZigBee®シリアル通信プロトコルのワイヤレスモジュールです。工場出荷時にはすぐに使用できる自己組織化ネットワークファームウェアが付属しており、さまざまなアプリケーションシナリオ（特にスマートホーム）に適しています。本モジュールを図 1 に示します。Z240-CP13 は U.FL/I-PEX(MHF1)インタフェースおよび端面スルーホール端子から外部アンテナ接続が可能です。



図 1 Z240-CP13 モジュール

本 Z240-CP13 モジュールは、Silicon Labs 社 EFR32MG1 シリーズのシステムオンチップ (SoC) を採用しており、ARM Cortex-M4 コアとワイヤレストランシーバーが統合されています。工場出荷時のファームウェアは、ZigBee®3.0 プロトコルに基づくシリアルデータ伝送を実装し、ZigBee®3.0 プロトコルのさまざまなコマンドに対応しており、市販の ZigBee®製品との通信互換性があります。

1.2 ZigBee®製品のロゴ認証

ZigBee®は Connectivity Standards Alliance(CSA)※の登録商標で、本モジュールを使用して開発した製品に ZigBee®のロゴ認証を取得するためには、CSA 認定のテストプロバイダで「プラットフォーム認証テスト」と「製品認証テスト」を同時に受ける必要があります。「プラットフォーム認証テスト」はスタックプロファイルが仕様に準拠しているかを確認するためのテストで、「製品認証テスト」は製品が ZigBee®の仕様に適合しているかどうかに加え、他の ZigBee®製品との相互接続性を保証するための、最終製品を対象としたテストです。

※2021 年 5 月に「ZigBee Alliance」から名称変更されています。

ZigBee®製品認証取得の流れ

1. CSA メンバーに加入して ID を取得する。
2. ZigBee®機器を設計する。
3. CSA 認定のテストプロバイダに必要な文書、アプリケーションおよび製品を提出する。
製品の認証テストを行い、テストレポートを発行してもらう。
4. 申請書とテストレポートを CSA に提出し、ZigBee®機器認証を取得する。

参考

CSA ホームページ <https://csa-iot.org/ja/>

Z240-CP13 モジュールの搭載チップについて

本モジュールは CSA より認証を受けている、Silicon Labs 社の EFR32MG1(EmberZNet 6.10) システムオンチップ(SoC)を搭載しています。

参考

CSA ホームページ (認証製品リスト)

https://csa-iot.org/ja/csa_product/EFR32mg1x-si4468-%E3%83%87%E3%83%A5%E3%82%A2%E3%83%AB-phy-2/

注：記載情報は本文書作成時点のものです。申請時には最新情報をご確認ください。

1.3 ZigBee®の概説

ZigBee®ネットワークはIEEE802.15.4に準拠したパケット通信をサポートし、パケット伝達の方法にマルチホップ方式を採用しています。通信したい2つのデバイス間の直接的な接続が不可能な場合、ネットワーク内の中継機能を持つ他のデバイスの中継点として使用し、データをホップさせながら目的地まで転送することができます。この特性により、ZigBee®は広範囲をカバーする柔軟なネットワークトポロジを構築することが可能になります。ZigBee®ネットワークには、通信を行う役割として、コーディネータ、ルータ、エンドデバイスの3つのデバイスタイプがあり、ネットワーク形成機能を持つコーディネータと、複数のルータおよびエンドデバイスのノードで構成されます。

デバイスタイプ

コーディネータ：

コーディネータは、ZigBee®ネットワークにひとつのみ存在し、ネットワーク形成機能を持つデバイスです。ネットワークを作成する機能を持ち、既存のネットワークに参加することはできません。ネットワークを作成するために、コーディネータノードは周囲の電波環境をスキャンして既存のネットワークを探し、チャンネルとPAN ID※を選択して、ネットワークの作成を開始します。また、このデバイスはネットワークのセキュリティを管理する責任があり、ネットワーク内の他の種類のデバイスへセキュリティキーを配布し、作成したネットワークにデバイスを参加させることができます。ネットワーク形成が完了すると、コーディネータは次に述べるルータのように動作します。ZigBee®ネットワークの分散管理による動作の特徴により、ネットワーク形成完了後のネットワークのパケット通信などの動作はコーディネータに依存しません。一般的に、コーディネータは常にアクティブであることが期待されるため、商用電源等の安定した外部電源から給電する必要があります。

※IEEE 802.15.4 規格では同じ周波数チャンネルを、さらに Personal Area Network (PAN) という概念で複数のグループに分けて使用します。PAN のグループの番号を PAN ID と呼びます。IEEE 802.15.4 規格の通信ノードは、自分に設定されている PAN ID と同じ PAN ID が設定されている通信ノードとのみ通信ができます。

ルータ：

ルータは、他のデバイスがネットワークに参加を希望する際、そのデバイスに（コーディネータが発行した）セキュリティキーを再配布し、アドレスを割り当てます。これにより、コーディネータだけでなくルータを経由してもネットワークを拡張することができます。また、ルータはマルチホップルーティング機能を提供します。ZigBee®ネットワークはメッシュトポロジを基本としており、ルータはパケットを中継して直接通信できない遠距離にあるデバイス間の通信経路を確立します。さらに、低消費電力モードで動作するエンドデバイスに対して、ルータはスリープ状態のエンドデバイス宛てのメッセージをバッファリングします。エンドデバイスがスリープからウェイクアップした際のデータリクエストに応答し、メッセージを送信します。一般的に、ルータは常にアクティブであることが期

待されるため、商用電源等の安定した外部電源から給電する必要があります。

エンドデバイス：

エンドデバイスは、主に、センサーやアクチュエータの機能のみを実装するための小規模なデバイスです。ネットワークインフラを維持するための特別な責任を持たず、自由にスリープおよびウェイクアップができるデバイスであり、比較的容易にバッテリー駆動などにすることができます。また、一般的に、メモリ要件（特に RAM の容量）はエンドデバイスの方が低いです。

ZCL (ZigBee Cluster Library)

ZCL は ZigBee®ネットワーク内でデバイス間の通信を標準化したライブラリです。ZCL と ZigBee®モジュールの関係として、ZCL は ZigBee®プロトコルスタックの一部であり、ZigBee®モジュールはこのプロトコルスタック (ZCL を含む) を実装したハードウェアデバイスです。ZCL は、ZigBee®デバイスの機能を「クラスタ」という単位でモジュール化する仕組みを提供しています。この ZCL アーキテクチャによって、ZigBee®デバイスの高い互換性を維持し、ハードウェアに依存しない開発をサポートします。

本モジュールは、EmberZNet SDK (ZigBee®3.0 プロトコルスタックの実装) に基づいているため、ユーザは以下の簡単な手順で機器を制御できます。

1. 必要なクラスタ ID を指定する
(例：照明制御には「On/Off クラスタ」(ID: 0x0006)を指定)
2. 操作したい属性 ID を指定する
(例：照明をオンにするには「On/Off 属性」(ID: 0x0000)を指定)
3. 適切な属性値を入力する
(例：オンにするには値「1」、オフにするには値「0」を入力)

上記の手順により、本モジュールが自動的に適切な ZigBee®メッセージを生成し、ネットワーク上の対象デバイスに送信します。ユーザが指定するクラスタ ID、属性 ID および属性値については、ZigBee Cluster Library 仕様書※を参照してください。

※<https://zigbeealliance.org/wp-content/uploads/2021/10/07-5123-08-Zigbee-Cluster-Library.pdf>

本 Z240-CP13 モジュールは大規模なネットワーク構築をするためのコーディネータおよびルータとしての利用を主目的としていますが、エンドデバイスとしても使用することが可能です。ただし、Z240-CP13 をエンドデバイスとして使用する場合は本モジュールとコーディネータや他のノードとの間の通信処理の大部分をユーザが外部 MCU に実装する必要があります。例として、デバイス種別や入出力クラスタ等のデバイス詳細情報をコーディネータへ送信する場合には、本モジュールがネットワークへの参加後に、外部 MCU からシリアルポートコマンド (※ソフトウェアドキュメントを参照) を実行して、ZCL に基づくフレームを送信する処理が必要になります。

本モジュールのファームウェアは、EFR32MG1 シリーズのチップに最適な EmberZNet SDK に基づき多くの最適化を行い、システムの長年に渡る安定した動作を可能にしています。

1.4 機能

本モジュールの代表的な機能を列挙し、その概略を示します。一般的な同種のモジュールに搭載されている機能の他、本モジュール固有の機能も含まれます。各機能の詳細については、ソフトウェアドキュメントの詳細記述を確認してください。

役割の切り替え

シリアル通信でのコマンドを使用して、デバイスの役割をコーディネータ、ルータ、およびエンドデバイスの3種類に切り替えることができます。

ネットワークの自己修復

ネットワークの中間ノード(コーディネータおよびルータ)が停電によって稼働を停止した場合、その中間ノードによってルーティングされていたノードが孤立することになりますが、この場合でも孤立したノードが自律的に別の中間ノードと通信を試み、成功すると通信を継続します。中間ノードが停電により稼働停止した場合でも、コーディネータにより形成されたネットワーク情報は各ノードのモジュール内(ROM など)に保持されており、再稼働した際は、再びそのネットワーク情報に基づき通信を行います。

超低消費電力

デバイスがエンドデバイス状態にある場合は低消費電力モードに設定可能で、ユーザの使用時間に応じてエンドデバイスのスリープ時間を変更できます。低消費電力モードでは、スタンバイ消費電力は $7\mu\text{A}$ 程度です。

データ保持時間の設定

デバイスがコーディネータまたはルータに設定された状態にある場合、ユーザは中継データの保持時間をモジュールに設定できます。スリープ状態のエンドデバイスと連携してそのデバイスのデータを保持し、エンドデバイスがスリープからウェイクアップした際のデータリクエストに応答し、メッセージを送信します。本モジュールでは、各デバイスは最大4つのデータを一時的に保持可能で、それを超えると最初のデータから自動的に消去されます。また、ユーザが設定したデータ保存時間が経過すると、保存時間を超過したデータが自動的に消去されます。

自動再送信

オンデマンド(一般的にユニキャストと呼ばれる方式)モードでは、デバイスが次のノードへデータを送信する際、送信に失敗するとそのデバイスは自動的に再送信を行います。各メッセージの再送信は最大2回行われます。

自動ルーティング

本モジュールはパケットルーティング機能をサポートしています。ルータとコーディネータはパケットルーティング機能を持ち、マルチホップ通信を行うことができます。

暗号化プロトコル

本モジュールは IEEE 802.15.4 規格に基づいた AES 128 ビット暗号化機能を採用しており、ネットワークの暗号化と盗聴防止が可能です。ユーザは自分で各ネットワークの暗号キーを変更することができ、同じ暗号キーを持つデバイスのみネットワーク内で正しく通信できます。

シリアルポート構成

本モジュールはシリアルポートからのコマンドをサポートしています。シリアルポートからのコマンドを使用して、本モジュールのパラメータと機能を構成・表示できます。

マルチタイプデータ通信

本モジュールはネットワーク全体へのブロードキャスト、マルチキャストおよびオンデマンド(ユニキャスト)機能に対応しています。ブロードキャスト、マルチキャストおよびオンデマンド(ユニキャスト)モードでは3つの伝送モード(HEX コマンドモード、透過伝送モードおよび AT コマンドモード)が使用可能です。

チャンネル変更

2.4GHz 帯の特定小電力無線規格に対応した本モジュールは、11 から 26 まで 16 チャンネルの選択 (2405-2480MHz) が可能で、各チャンネルはそれぞれ異なる周波数帯域に対応しています。

PAN ID 変更

ネットワークに参加する際に必要となる PAN ID は任意の ID 番号を設定可能で、ユーザが任意に指定することも、自動選択をさせることもできます。

シリアルポートボーレート変更

ボーレートはユーザによる変更が可能で 9,600bps~115,200bps の範囲で設定できます。デフォルトのボーレートは 115,200bps、データビット長は 8 ビット、ストップビットは 1 ビット、パリティビットはなしです。

ショートアドレス検索

ネットワークに参加している本モジュールの MAC (Media Access Control) アドレス (製造時にモジュールごとに決められているユニークかつ固定されたアドレス) から、ユーザはそのモジュールのショートアドレス (稼働時に割り振られる 16bit の短いアドレス) を見つけることができます。

PWM 制御

3つの PWM 出力ポートから PWM 制御することができます。

ボーレートリセット

ユーザがボーレートを忘れた場合やボーレートがわからない場合は、この機能を使用してデフォルトのボーレート 115,200bps にリセットできます。

シリアルポート受信ウェイクアップ

本モジュールがスリープ状態にある場合に、任意のバイトデータをシリアルポートから受信するとウェイクアップします。このデータはモジュールをウェイクアップするために使用され、コマンドとして扱われません。

透過伝送モードをサポート

本モジュールは、HEX コマンドモード(バイナリ形式での入力)、および AT コマンドモード(非サポート、ASCII 形式での入力)でモジュールパラメータを制御し、透過伝送モードへ切り替えることで、ユーザは簡単にシリアル通信を行うモードの利用ができます。

モジュールのリセット

ユーザはシリアルポートコマンドを使用して、本モジュールをリセットすることができます。

工場出荷時の設定の復元

シリアルポートからのコマンドを使用して、本モジュールを工場出荷時の設定に復元することができます。

1.5 アプリケーション

ZigBee®は産業用、商用、家庭用の M2M(Machine to Machine)ネットワークとして、さまざまな分野で活用されています。ZigBee®では、異なるメーカーのデバイス同士でも相互運用できるように、アプリケーションレベルの通信仕様を標準化したプロファイルを定義しています。本モジュールが EmberZNet 6.10 SDK としてサポートしているプロファイル※の例を以下に列挙します。

※詳細は Zigbee Application Framework Developer's Guide を参照してください。

<https://www.silabs.com/documents/public/user-guides/ug391-zigbee-app-framework-dev-guide.pdf>

Home Automation (ZHA)

家庭内での照明制御、セキュリティ、エネルギー管理など、住宅用オートメーションデバイス向けのプロファイル

Light Link (ZLL)

電球、照明器具、スイッチなど、照明製品向けに設計されたプロファイル

Smart Energy (ZSE)

電力消費の監視・管理やスマートメータなど、エネルギー関連アプリケーション向けのプロファイル

Building Automation (ZBA)

空調や照明、防災、防犯など、オフィスビル、商業施設、学校など大規模施設向けの自動化プロファイル

Health Care (ZHC)

健康モニタリングデバイス、医療機器、介護支援システムなど、ヘルスケア関連アプリケーション向けのプロファイル

Retail Services

在庫管理や価格表示など、小売環境向けのプロファイル

2 仕様

2.1 モジュールの内部構成

本モジュールは、図 2 に示すように、小さなプリント基板に高周波回路部品を配置した SoM RF モジュールとして提供しています。このモジュールの金属保護板の内部は、RF モデム制御用の低消費電力マイクロプロセッサ、水晶発振器、フィルター回路によって構成されており、設計者および利用者によって適正な使用をされる範囲においては、電波法などの遵守などを含め安全に使用できる設計になっています。本モジュールの改造、または形を変更して使用するなど、当社の指定しない方法での電波放射は電波法に抵触する可能性が高い行為であるため行わないでください。

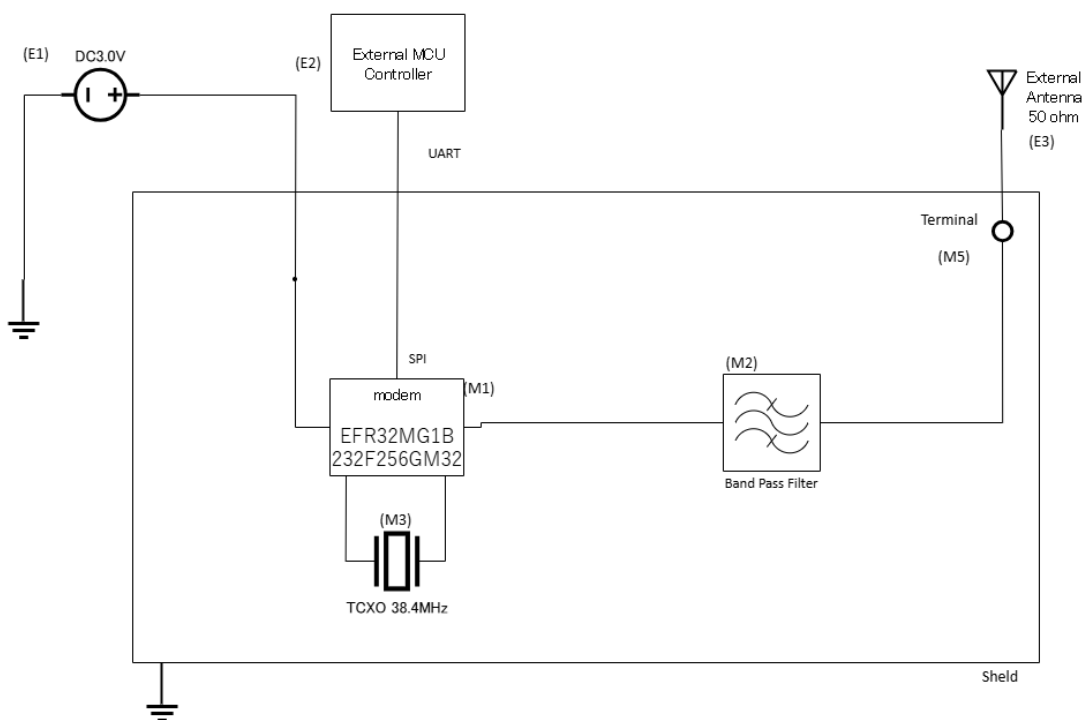


図 2 モジュール内部構成図

2.2 定格

本モジュールの定格仕様を表 1、表 2 に示します。製品の安全かつ最適な動作のため、以下に示す定格値を超えて使用しないでください。

表 1 定格（動作推奨パラメータ）

パラメータ	ユニット	製品モデル	詳細
		Z240-CP13	
動作電圧	V	2.0~3.8	
ロジックレベル	V	3.3	5V TTL を接続した場合、 焼損の可能性あり
動作温度範囲	°C	-40~+85	工業用グレード
保存温度範囲	°C	-40~+125	工業用グレード

表 2 絶対定格

パラメータ	絶対定格		詳細
	最小	最大	
VCC 給電電圧 (V)	-0.3	3.8	3.8V を超える電圧を印加すると、モジュールは恒久的な損傷を受ける可能性あり
I/O 端子電圧 (V)	-0.3	VCC+0.3, ≤3.8	VCC+0.3V かつ 3.8V を超えないこと

2.3 動作パラメータ

本モジュールの動作パラメータ仕様を表 3 に示します。これらの値は標準的な環境条件（周囲温度 25℃、VCC=3.3V）において測定されたものです。

表 3 動作パラメータ

パラメータ	ユニット	製品モデル	詳細
		Z240-CP13	
動作周波数	GHz	2.405～2.480	ISM バンド
送信電力	dBm	12.5±0.5	（最大）13dBm 設定時
ブロッキング電力	dBm	10	短距離使用の場合の 焼損可能性は低い
受信感度	dBm	-99±1	速度は 250kbps
送信時電流	mA	70	瞬間消費電流
受信待機時電流 （ネットワーク未構成状態）	mA	9	待機消費電流
受信待機時電流 （ネットワーク構成状態）	mA	20	待機消費電流
低消費電力時電流 （ネットワーク構成状態）	μA	7	待機消費電流
適合インピーダンス	Ω	50	IPEX インタフェース適合 インピーダンス
最大ペイロード長	byte	77	IEEE802.15.4 仕様に依存
通信距離	m	500	遮蔽物が無く、アンテナ高 2.5m で速度が 250kbps の 場合※

※ IPEX インタフェースにゲイン 2.14dBi のアンテナを接続した場合

低消費電力モード時の動作と消費電流

本モジュールを低消費電力モード（エンドデバイスとして振る舞う、送信電力 13dBm 設定時）とした際の動作は、定常状態としてスリープの低消費電力状態となり、一定間隔ごとにウェイクアップして親ノードに自ノード宛のデータが無いか問い合わせるデータリクエスト送信を行います。設定によってウェイクアップ間隔は 1 秒／3.3 秒／5 秒／60 秒の 4 通りから変更できます。各秒数設定での平均消費電流の計算結果を表 4 に示します。

表 4 各秒数設定での平均消費電流

ウェイクアップ間隔(秒)	平均消費電流(μA)
1	160
3.3	60
5	40
60	10

例として 1 秒間隔ウェイクアップした際の消費電流を計測した時間経過のグラフを図 3 に示します。スリープの低消費電力状態で消費電流が $7\mu\text{A}$ 、データリクエスト送信時の消費電流が 67.5mA です。1 秒間隔ウェイクアップの場合の平均消費電流は $157\mu\text{A}$ （約 $160\mu\text{A}$ ）となります。

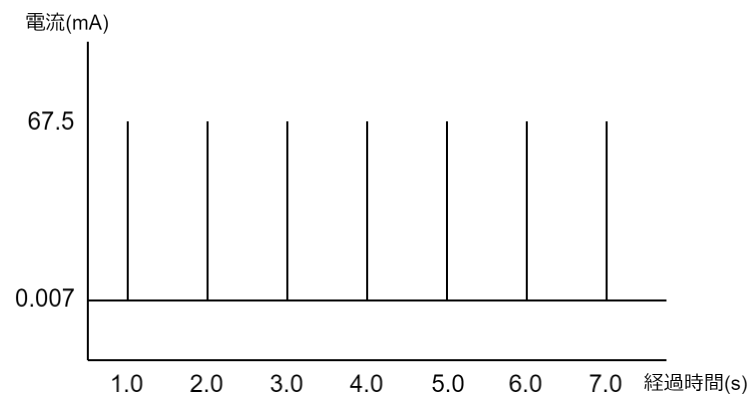


図 3 低消費電力モード時の消費電流の変化

2.4 電圧レンジと電力送信パフォーマンス

各給電電圧条件における、送信出力 13dBm 設定時の本モジュールの出力の一例として RF 出力性能を表 5 に、給電電圧と RF 出力電力の関係を図 4 に示します。

表 5 RF 出力性能

パラメータ	RF 出力性能			詳細
	最小	最適出力 (下限)	最大	
給電電圧(V)	2.0	2.4	3.8	
最大出力(dBm)	10.78	12.21	12.78	送信出力 13dBm 設定時の実測例

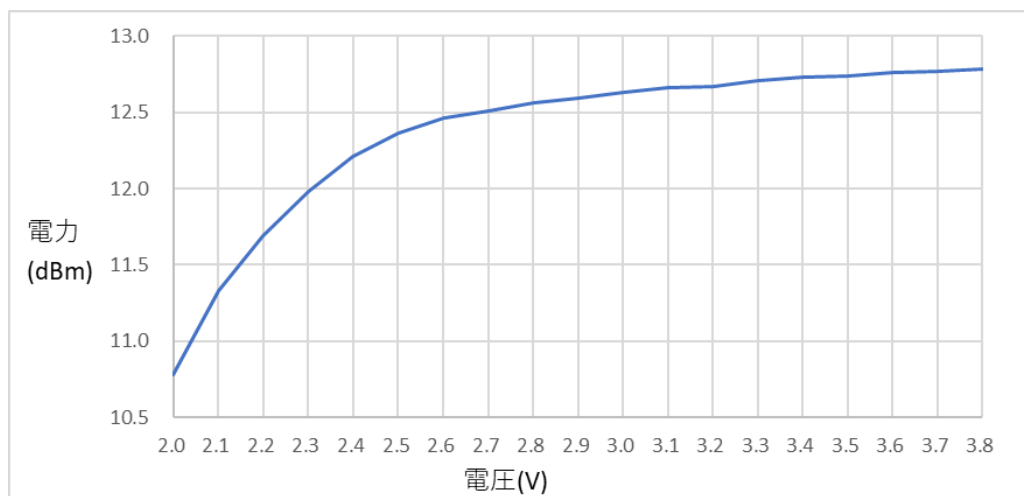


図 4 給電電圧と RF 出力電力

各出力電力条件における、給電電圧 3.3V 時の本モジュールの送信時消費電流の一例として、出力電力と送信時消費電流の関係を図 5 に示します。

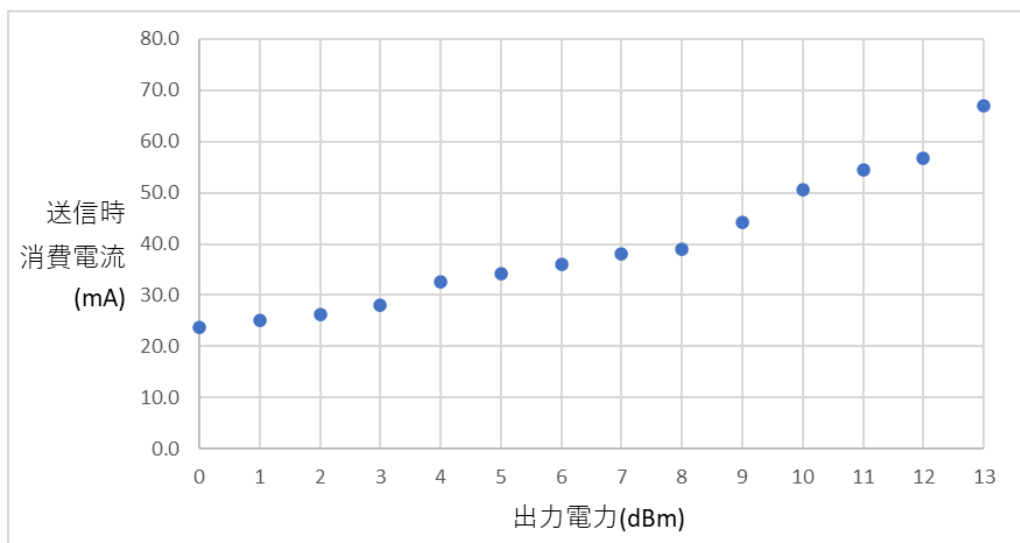


図 5 出力電力と送信時消費電流

2.5 ハードウェアパラメータ

本モジュールの主要なハードウェア仕様を表 6 に示します。

表 6 ハードウェアパラメータ

パラメータ	製品モデル	詳細
	Z240-CP13	
サイズ	11.5mm×18.0mm×2.23mm	±0.1mm
IC 名	EFR32MG1B232F256GM32/QFN32	組み込みファームウェア 搭載済み
FLASH	256KB	
RAM	32KB	
通信 インタフェース	UART	TTL Level
アンテナ インタフェース	U.FL / I-PEX(MHF1)および端面スルーホール端子	

2.6 ネットワークシステムパラメータ

本モジュールの ZigBee®ネットワークシステムに関する主要パラメータを表 7 に示します。

表 7 ネットワークシステムパラメータ

パラメータ	値	説明
本モジュールをコーディネータとした場合に管理できるデバイスの総数	≤80	推奨値
ネットワークルーティング階層	15 レイヤー	システム固定値
ネットワーク内の同時データノード数	≤7	推奨値 7 台のノードが同時にデータを送信（各ノードがパケットロスなく 30byte を送信）
親機とした場合に子機ルートノードとして接続可能な最大数	26	システム固定値
親機とした場合に子機エンドデバイスノードとして接続可能な最大数	32	システム固定値
親機とした場合にスリープ中の子機のデータを保存する時間の長さ	7 秒	システム固定値
親機とした場合にデータを保存できるスリープ中の子機数	15	システム固定値 先入れ先出しの原理
親機とした場合に保存できるスリープ中の子機 1 台あたりのデータ数	4	システム固定値 先入れ先出しの原理
スリープ端末とした場合のポーリング（定期的な起動）間隔	≤7 秒	定期的な起動後に親機から一時データを取得 通常データ保存期間内に行われる
ネットワーク内のブロードキャスト間隔	≥200 ミリ秒	ネットワークストーム回避の推奨値
オンデマンド(ユニキャスト)送信失敗時の再送回数	2 回	最初の送信後 6 秒以内にフィードバックが無い場合再送信、同じく 12 秒以内に再送信、18 秒経過で送信失敗と判断
フィードバックデータの間隔	≤5 秒	5 秒以内に受信されなければ送信失敗と判断

2.7 準拠規格

一般社団法人電波産業会（ARIB）ARIB STD-T66
「2.4GHz 帯高度化小電力データ通信システム」

3 ピンアサイン

Z240-CP13 のモジュール外形サイズは 11.5mm×18.0mm、厚み 2.23mm（図 6）、です。3 側面に端面スルーホール加工を施した 37 ピンのカスタムパッケージです。ランドパターンにおいて、リフロー、手はんだ、いずれでも対応できます。

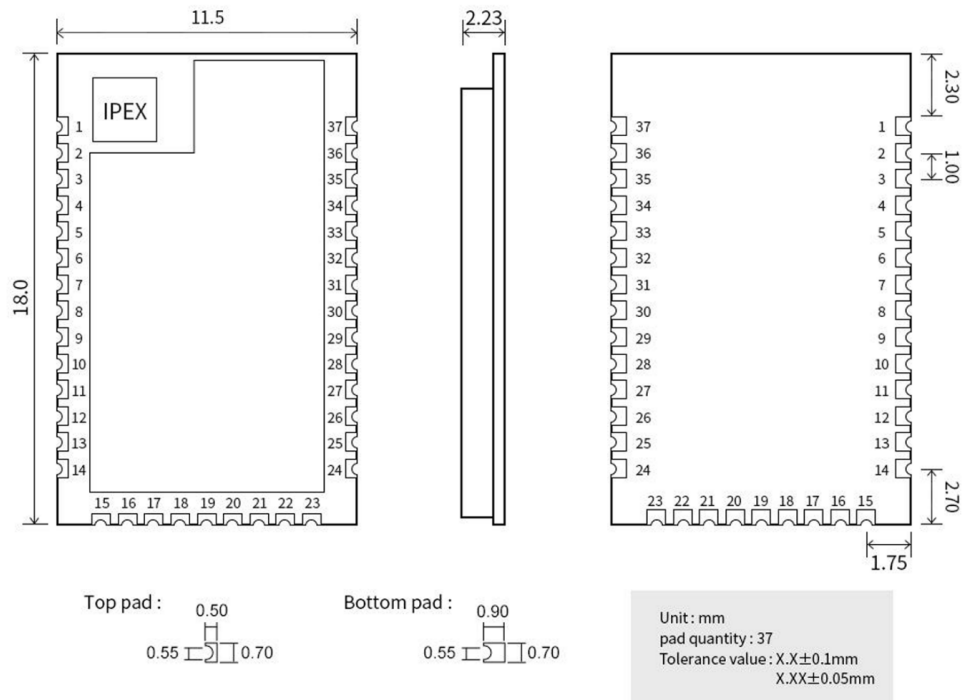


図 6 Z240-CP13 モジュール外形

3.1 ピンアウト [Z240-CP13]

本モジュールのピンアウトを表 8 に示します。

表 8 ピンアウト

No.	ピン名称	Input/ Output	機能説明
1	ANT	-	アンテナ外部スタンプホール
2	GND	-	アース線 電源基準グラウンドに接続
3	NWK_KEY	I	Active Low 入力 入力信号：100ms≤短時間≤3,000ms、5,000ms≤長時間 ネットワークへの手動参加、離脱、ペアリングに使用 ネットワーク未構成状態：短時間の信号入力でネットワークに参加または作成 ネットワーク構成状態：短時間の信号入力でペアリング開始、長時間の信号入力で現在のネットワークを離脱 外部スイッチを直接このピンに接続することが可能
4	NC	-	NC
5	UART_TX	O	TX ピン シリアルポート
6	UART_RX	I	RX ピン シリアルポート
7	NC	-	NC
8	NC	-	NC
9	NC	-	NC
10	BAUD_RESET	I	Active Low 入力 5,000ms 以上の信号入力で、ボーレートがデフォルトの 115,200bps にリセット 外部スイッチを直接このピンに接続することが可能
11	NC	-	NC
12	PWM2	O	PWM 出力ポート 2(Active Low) PWM 出力の duty 比を 0(0%)~255(100%)で設定可能
13	VCC	-	電源 2.0~3.8V の範囲
14	GND	-	アース線 電源基準グラウンドに接続
15	NC	-	NC
16	NC	-	NC
17	NC	-	NC
18	NC	-	NC
19	NC	-	NC
20	NC	-	NC
21	NC	-	NC

22	NC	-	NC
23	NC	-	NC
24	NC	-	NC
25	SWCLK	I/O	ファームウェアアップデートに使用 デバッグ・クロック・インタフェース
26	SWDIO	I/O	ファームウェアアップデートに使用 デバッグ・データ・インタフェース
27	PWM0	O	PWM 出力ポート 0(Active Low) PWM 出力の duty 比を 0(0%)~255(100%)で設定可能
28	PWM1	O	PWM 出力ポート 1(Active Low) PWM 出力の duty 比を 0(0%)~255(100%)で設定可能
29	NC	-	NC
30	NWK_LED	O	オープンドレイン出力(Active Low) ネットワークアクセス状態を表示 高速点滅(10Hz)：ネットワークに参加中、または作成中 低速点滅(3Hz)：ネットワークに参加完了、または作成完了
31	NC	-	NC
32	NC	-	NC
33	NC	-	NC
34	NC	-	NC
35	NC	-	NC
36	GND	-	アース線 電源基準グラウンドに接続
37	RESET	I	Active Low 入力 リセット端子

3.2 回路設計や基板実装時のピンアサインの注意

各ピンの取り扱いや制限について、以下注意事項を遵守してください。

- GND はすべてプリント基板、電源の GND に接続してください。
- VCC ピンは直接 3.3V、もしくはそれ以下の電圧を給電可能です。給電を行う際は給電の安定化のため VCC ピンの近くに 100nF(104)の MLCC キャパシタなどを配置し、設計者の責任の下、給電電源においても電流容量、出力インピーダンスに余裕のある電源を使用してください。
- VCC ピンへのスイッチング電源の出力の給電は推奨しません。スイッチングノイズやリップルの少ないリニア電圧レギュレータ、出力インピーダンスに余裕のある電池などを接続することを想定しています。電源リップルなどによって異常動作の原因となる可能性があるほか、モジュール内の低圧回路に損傷を与える可能性があります。
- NC ピンは使用しません。通常は Floating（開放）させてください。
- 本モジュールは広い電源範囲に対応しています。信号線は 3.3V を上限（基本）として、給電電圧によりそれ以下になる場合があります。各ピンの信号レベルは、給電電圧、および、3.3V を超えないようにしてください。

4 配線方法

本モジュールと外部マイクロコントローラユニット（MCU）やシングルボードコンピュータ（SBC）との接続方法について説明します。図 7 に本モジュールと外部 MCU との基本的な最小接続構成を示します。本モジュールと外部 MCU 間を UART(TXD, RXD をクロス接続)に接続し、電源(VCC)と GND ピンを接続します。この配線図に従うことで、UART 通信によるデータ送受信が可能となります。

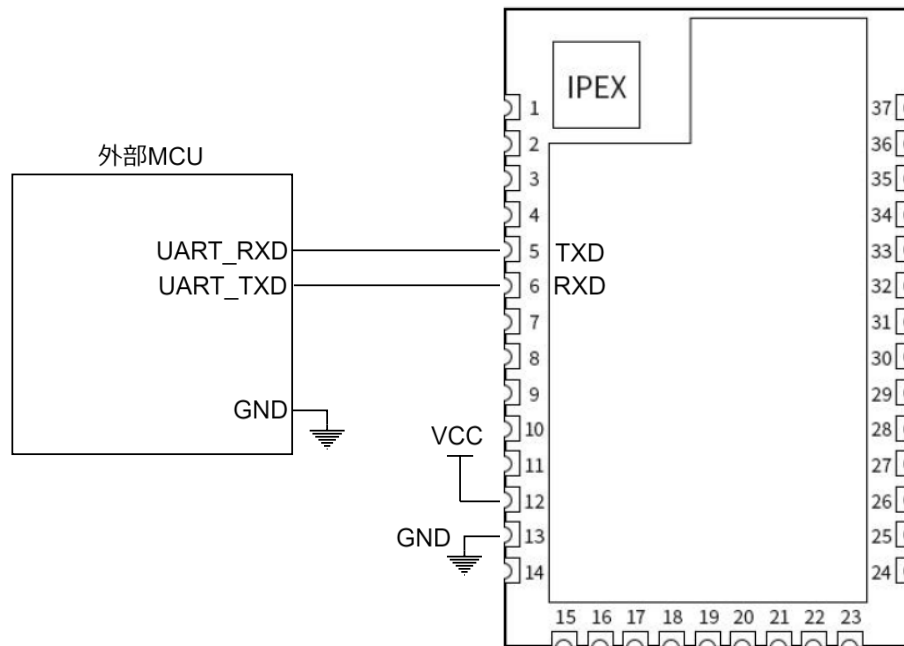


図 7 典型的な最小配線図

SI-DBG1015A との接続（サポート対象外）

ファームウェアの書き込みやデバッグ作業を行う場合は、SI-DBG1015A※を使用します。SI-DBG1015A との接続には、表 9 のピンを使用します。

表 9 ピン接続

No.	ピン名称	SI-DBG1015A
13	VCC	VTARGET
14	GND	GND
25	SWCLK	SWCLK
26	SWDIO	SWDIO

※SI-DBG1015A は、Silicon Labs の EFR32MG1 シリーズのシステムオンチップ（SoC）デバイスで Flash プログラミングおよびデバッグを行うためのツールです。

5 ハードウェアデザイン

本モジュールを最適な設計にてアプリケーションへ組み込むために、ハードウェア設計上必要な各要素について説明します。基本的な回路構成図、および特に注意する点などについて示します。

5.1 基本的な回路設計

Z240-CP13 は RF モデム制御用の低消費電力マイクロプロセッサを内蔵しており、外部に接続されたマイクロコントローラユニット (MCU) やシングルボードコンピュータ(SBC)などと、UART シリアル信号線、およびいくつかのモジュール制御・シグナル用の信号ラインを使用して利用します。(給電ラインや電源要件については、第 2 章を参照してください。)

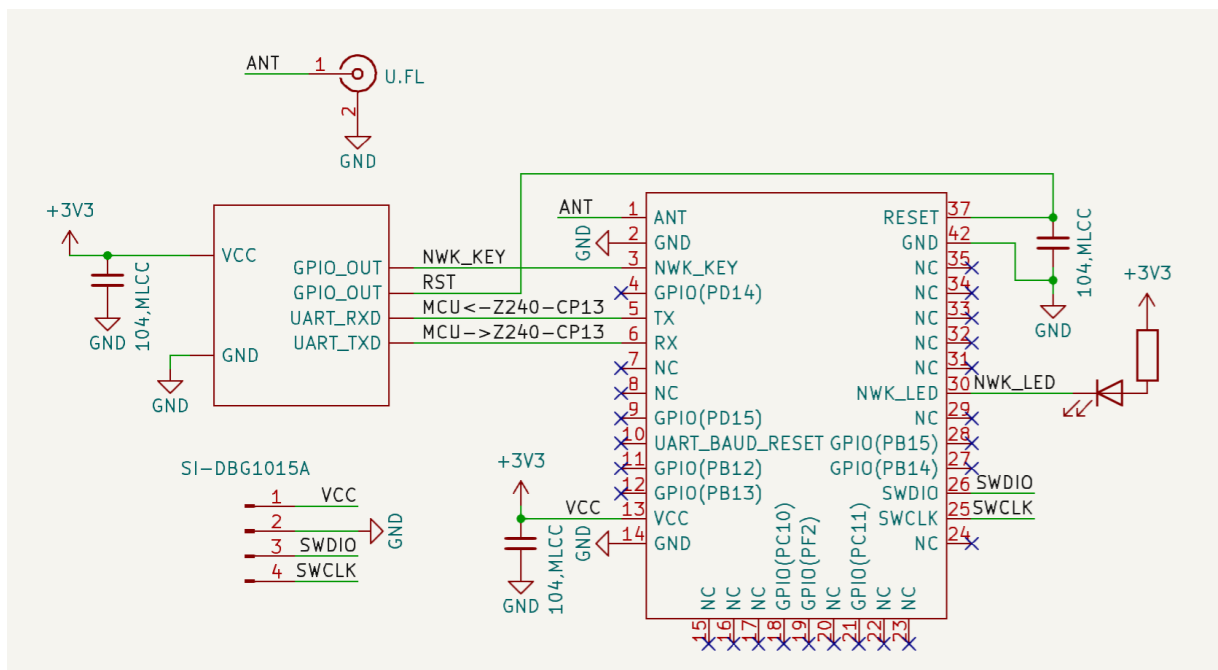


図 8 回路図：基本構成

最も基本的な回路構成を図 8 に示します。Z240-CP13 と外部 MCU を接続しますが、最小配線は電源と GND を除くと、UART (TXD、RXD) のみです。VCC 電源ピンの近くには、一般的な IC チップ同様に、100nF 程度のパスコンを配置することを推奨します。

オプションとして、本モジュールの組み込み機能ピン、NWK_KEY、NWK_LED、RESET を利用できます。図 8 および表 8 のピンアウトの説明を参考に配線してください。

また、SI-DBG1015A に接続する際は、図 8 に SI-DBG1015A と記載しているピンを表 9 の対応付けを参考に配線してください。(参考情報、SI-DBG1015A はサポート対象外)

外部 MCU などと本モジュールが結線された状態においては、電源給電、電源断のタイミングが同一であることが望めます。信号線がつながった状態で節電制御などを行う際に、本モジュールや外部 MCU がその影響を受ける場合には、電流の信号線からの回り込みを防ぐために、5.3

節で示すような信号絶縁回路を挿入する必要があります。また、信号線を経由した電源の回り込みは、回路図などからは一見して発見のしにくい問題でもあります。ここで上げた例では記載を省略しましたが、信号のダンピング以外に過電流防止のためにも、各信号線に数十から百Ω程度のダンピング抵抗を挿入することも選択肢として検討してください。

そのほか、一般的な外部 MCU と接続する場合の配慮事項を以下に列記します。

- ・ 本モジュールと外部 MCU 間を、UART(TXD, RXD をクロス接続)に接続してください。
- ・ UART インタフェースは TTL レベルです。TTL レベルの外部 MCU ポートに接続してください。
- ・ 一部の外部 MCU は 5V DC で動作するため、5V 入力トレラントに動作させる場合は、TXD に 4.7k~10KΩ のプルアップ抵抗の追加が必要となる場合があります。(本モジュールへの入力、RXD への 5V などの定格以上の電圧印加は禁止です)

5.2 無線回路への影響

本モジュールのプリント基板などへの配置は、一般的な高周波無線部品の取り扱いに準じて取り扱うことが可能です。本モジュールに内蔵されている高周波クロックで動作するデジタルロジックや、それと接続する外部 MCU などのデジタルロジックからの影響が、設計したプリント基板から回り込まないように配慮してください。

プリント基板は2層以上のものを使用し、グラウンドパターン部においては、本モジュールで隠れる部分などのベタグラウンドはビアを十分に配置するなどして、インピーダンスを下げてグラウンド電位を安定させることを推奨します。

5.3 省電力設計

本モジュールは、モジュール自体を低消費電力モードに移行することによって、安全に、かつ各ピンの電氣的な活性状態を維持したまま、大幅に消費電流を削減することが可能です。VCCへの通電状態において低消費電力モードである状態の場合は、各ピンの状態は規定値に保持されるため、一般的な結線方法を採用している限りは特段の配慮は不要です。

低消費電力モードの消費電流をさらに抑えるために本モジュールへの給電を断つ場合、給配電回路にロードスイッチや、ハイサイド FET スイッチ(通常は P-ch MOSFET)を設けることで電流をカットできます。ただしこの場合は、本モジュールの各 I/O ピンと外部の結線状態に注意を払ってください。電源が断たれた本モジュールの各 I/O ピンは給電がされていない CMOS IC の入出力ポートとなるため、それらとの結線先が活性状態の場合、本モジュールの I/O ピンを通して電流が貫通する可能性が生じます。その結果、給電カットしたにもかかわらず、この漏れ電流によって設計期待上の省電力効果が得られないばかりか、過電流によって本モジュールなどを破損するリスクがあります。

外部結線回路が活性状態で、本モジュールの給電を遮断する場合は、各 GPIO に片方向、もしくは双方向の遮断回路を挿入してください。通常、単一 MOSFET、反対向きに結合しコモンドレイン配置した N-ch MOSFET(図 9)、バススイッチ IC などを使用することで実現可能です。

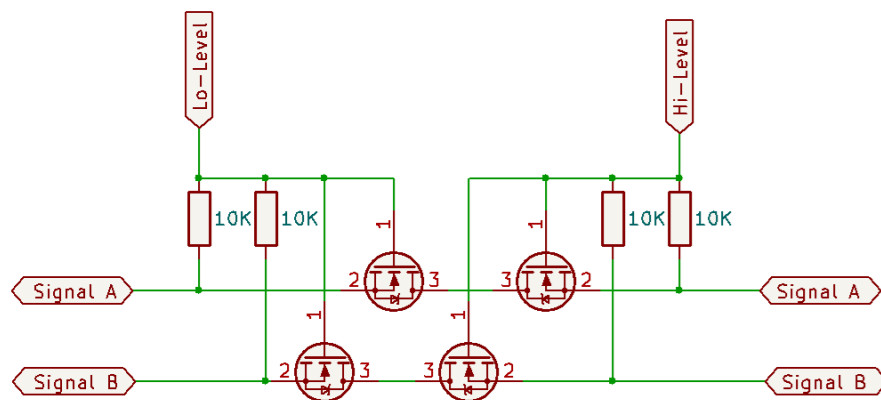


図 9 コモンドレイン配置した N-ch MOSFET 遮断回路例

5.4 アンテナ・筐体

Z240-CP13 モジュールは 2.4GHz 近辺の電波放射に適したアンテナとして、電波法による工事設計認証において当社が登録しているアンテナを選択して利用することが可能です。

アンテナはいくつかに分類可能ですが、完成アンテナのうち外部露出アンテナとして使用可能な種類のアンテナについては特段設計上の配慮は必要無く、同軸ケーブルによる僅かな損失のみで接合可能です。筐体などに貼り付けて使用することが可能な完成アンテナにおいては、アンテナ設計メーカーが指定する素材や貼り付け場所などにおいて整合するように作られており、それに準じた使用方法で無ければ共振周波数がずれ、本モジュールから出力される電力が最適に放射されず、通信距離が短くなる可能性があります。アンテナを筐体に貼り付けた状態において、実際の使用方法に近い形態でアンテナインピーダンスの測定と配置の調整などを実施することを推奨します。ベクトルネットワークアナライザを使用することで測定可能ですが、安価なアンテナインピーダンスアナライザ等でも十分に測定に供します。

マッチングネットワークの形成を要する、基板上に実装するアンテナなど組み込みアンテナを使用する場合は、本モジュールの信号出力インピーダンスが 50Ω であることを前提に、プリント基板の配線パターンを形成してください。また、使用する周波数帯において、十分に余裕のある VSWR（電圧定在波比）が得られるようなインピーダンスマッチング回路が作れることが望ましいですが、基板サイズの制約やアンテナの特性によって、共振範囲が狭くなる可能性があります。これらアンテナとの整合については当社本モジュールのサポート範囲を超えるため、アンテナメーカーのサポートを得るか、当社が別途提供する IoT 設計コンサルティングサービスへお問い合わせください。

5.5 UART ボーレート

本モジュールが使用するシリアル通信方式である UART (Universal Asynchronous Receiver Transmitter) は調歩同期式シリアル通信の一種であり、そのクロッキング精度は送受信モジュールそれぞれのクロック精度やコントローラーの性能に依存します。また、UART にはビット反転などの誤りを検出するパリティ機能はありますが、訂正する機能はありません。プリント基板上で UART バスにノイズが乗った場合なども含めて、送受信データの信頼性を確保する手段を要する場合は、別途、アプリケーションやその他の実装上での対応を必要とします。

より簡単に問題を回避する方法は UART のボーレートを下げること、低クロックの省電力外部 MCU などでも無理なく安定した UART 通信を行えます。通常、9,600bps を使用することで、多くの場合安定して使用することが可能です。(本モジュールのデフォルトは 115,200bps)

文字化けなどが発生する場合は、UART の配線長と配線経路について、プリント基板上のスイッチング電源や他の高クロック信号線の近辺を避けるなど、配線経路の考慮により改善が可能です。より高いビットレートで使用する場合は、クロック源の精度の向上と、外部 MCU 内蔵のハードウェアシリアル通信処理回路を使用するなど、信頼性と精度の高い方法を検討してください。

5.6 バッテリーの使用

本モジュールは幅広い電源要件に対応しており、またその高い省電力性から、小型の CR 系のコイン電池、乾電池、リチウム系一次電池、低圧系電源を広くサポートします。

よく使用が想定される電池・電源を以下表 10、表 11、表 12 に列挙します。ここでの最高電圧は例または概算値であり、電池の組成、型番、および気温などによってさらに高くなる場合があります。また充電機構を内蔵した場合、最高電圧は充電電圧を加味して設計する必要があります。以下の各表の電圧値は、一般的な組成の電池の例であり、実際の使用においては、個別の電圧、および、吐き出し電流の瞬時、連続時の制約などを確認して利用してください。

表 10 モジュールの VCC または VDD へ直結できる電池・電源の例

電池・電源	公称電圧	最高電圧	説明
Ni-MH 電池 2 本直列	2.4V	2.8V	ニッケル水素充電電池
CR 系コイン電池	3.0V	3.2V	CR2032 以上を推奨
リチウム系電池 3V	3.0V	3.2V	CR123A, CR2 など
乾電池 2 本直列	3.0V	3.3V	マンガン・アルカリ
LiFePO4 1cell	3.2V	3.8V	リン酸鉄リチウム電池

表 11 降圧によって使用できる電池・電源の例

電池・電源	公称電圧	最高電圧	説明
LiB/LiPO 3.7V	3.7V	4.3V	リチウムイオン/ポリマー
AC アダプタ 5V 出力	5.0V	5.3V	
リチウム系電池 6V	6.0V	6.4V	2CR5, CR-P2 など
AC アダプタ 5.5V 超出力	5.5V～	6V～	
12V 車ソケット	12V	15V	
12V 鉛蓄電池	12V	13.5V	Lead Acid
12V 系 LiFePO4	12.8V	14V	リン酸鉄リチウム
24V 車ソケット	24V	28V	

表 12 昇圧によって使用できる電池の例

電池・電源	公称電圧	最高電圧	説明
Ni-MH 電池	1.2V	1.4V	
乾電池	1.5V	1.65V	マンガン・アルカリ

継続的に 70mA 以上を安定して引き出せる電池を選択する必要があります。また、電流消耗による内部抵抗の上昇により、使用できる電流量の限界がこの電流によって決まるため、電池の選択には注意してください。

充電時などにおけるチャージ電圧を含め、(公称電圧ではなく) 最高電圧が 3.8V を超えないこと

が保証できる電池・電源については、VCC 端子に直結できます。MLCC 0.1uF 程度のバイパスコンデンサを VCC 端子近くに設置してこれらの電源を直接給電することで、電圧レギュレータや DC-DC 電源の損失無く、高い効率で本モジュールを駆動できます。また、下限電圧については 2.4V 程度、もしくは、RF 放射電力が低下することを許容できる場合は 2.0V 程度まで使用することができ、この下限電圧における動作負荷時、70mA 程度の出力電流を得られる場合に使用可能です。

電圧が本モジュールの動作下限電圧を下回った場合、低電圧保護機能が作動し、リセットが発生します。また、再通電時に電圧が安定しない場合、本モジュールは起動しません。使用方法において安定した動作を期待する場合、もしくは、設定値のフルパワー出力を期待する場合は、給電電圧を監視し、余裕のある電圧での給電停止を行うことが望ましいといえます。

電源を降圧させて使用することは可能です。3.8V を超える可能性がある給電を行う場合は必ず、安全な方法で所定の定格電圧、動作電圧の範囲内になるように降圧回路構成してください。VCC 端子および I/O 端子は内部素子に直結しているため、端子電圧は細心の注意を払って設計と実装を行ってください。電源の不備が本モジュールの破損に直結します。

乾電池一本などから、電源昇圧回路によって VCC 端子へ給電可能な電源を作り出すことも可能です。一般的に降圧回路に比べて DC-DC 変換効率は劣化しますが、機器の小型化のための方法として有効です。外部 MCU は直給電で低圧動作可能なものを使用し、本モジュールへの給電を ZigBee®通信が必要な時に限って昇圧給電させることで、電池寿命を飛躍的に延ばすことも可能です。その場合は、動作時の電流量において最適効率になる昇圧回路を構成してください。一方、常時昇圧給電を行う場合は、待機電流に最適化する方が一般的に電源効率はよくなります。昇圧型電源によって給電する場合、昇圧回路でのリップルは大きくなる傾向があるため、VCC 端子へリップルの大きな電源を給電した場合、安定した動作を保証しにくくなります。

効率的な電池駆動システムの電源利用パターン

通常、本モジュールの TXD ピンは 3.3V の TTL 信号レベルでの出力動作ですが、給電電圧が低い場合はそれに従って 3.3V を下回ります。

VCC 端子に 3.3V を下回る電源を給電する場合は、RXD の入力信号レベルを含め、信号電圧レベルを合わせてください。1.2V や 1.8V など本モジュールの動作下限電圧よりも低い、低電圧の外部 MCU を接続する場合など、給電電圧と信号レベルの調整(端子信号の向きによって、それぞれ単方向、もしくは、双方向のレベルシフタの挿入)を必ず行ってください。

また、国内での利用はまだ進んでいないものの、小型で 3.7V 系リチウム系二次電池より安全で大容量化しやすい、3.2V リン酸鉄リチウムイオン電池が代替品として流通しており、より低圧電池を使用する方法などは将来的により安全に電池寿命を確保できる可能性があります。

給電遮断時の信号線の絶縁対策について

本モジュールへの給電のみを遮断して、接続されている周辺回路は電源が給電されている場合、各信号ラインへの絶縁を必要とします。絶縁をしない場合でも一見正常に動作しますが、漏れ電流が本モジュールの信号ラインから GND ピンへ貫通し、無駄な電流が消費されます。信号絶縁用 IC や小信号用 N-ch MOSFET を組み合わせた方法によって、絶縁が可能です。

6 よくある質問 (FAQ)

6.1 通信互換性

本モジュールは ZigBee® Alliance (現在は Connectivity Standards Alliance として知られる) が定める規格に準拠した製品として、様々な ZigBee®対応デバイスとの互換性を確保しています。

本モジュールは ZigBee®3.0 プロトコルを実装しており、以下の互換性を提供します。

- ・ ZigBee®3.0 認証デバイスとの互換性
- ・ 下位互換性による ZigBee® 2.1 および ZigBee® PRO 対応デバイスとの基本的な通信機能
- ・ ZigBee®標準プロファイル (EmberZNet SDK で実装されている Home Automation、Light Link、Building Automation 等のプロファイル) のサポート

また、いくつかの市販メーカーの ZigBee®製品との互換性テストを実施し、本モジュールは以下の ZigBee®デバイスタイプと正常に通信でき、相互運用性を確認しています。

- ・ コーディネータ
- ・ ルータ
- ・ エンドデバイス (スリープデバイスを含む)

上記の範囲であっても、全ての機器との互換性を保証しているものではありませんので、相互接続の保証のためには、各設計者における接続性検証、ならびに、量産、もしくは、不特定多数の他社への一般流通製品としての適用においては、互換性検査、および、認証制度の利用などを強く推奨します。また、本モジュールの使用方法を超える範囲のサポートは行っておりません。

6.2 通信可能距離

通信可能距離は主に送信出力電力、受信感度、および動作環境によって決定されます。本モジュールは標準的な環境条件下（障害物のない見通し線上）において、最大 500 メートルの通信距離を実現します。

ただし、実際の運用環境では以下の要因により通信距離が短くなる場合があります。

- ・ 建物内の壁や床などの障害物
- ・ 電子機器からの電波干渉
- ・ 金属製の障害物や反射物

実際の屋内環境では、一般的に 10～30 メートルの通信距離が期待できますが、建物の構造や材質により大きく変動します。コンクリート壁や金属構造物は信号減衰を引き起こし、通信距離を著しく低下させる可能性があります。

最適な通信距離を確保するためには、以下の点を考慮したネットワーク設計が推奨されます。

- ・ 中継ノード（ルータ）の適切な配置によるメッシュネットワークの構築
- ・ 電波干渉源からの距離確保
- ・ アンテナ（モジュールへの組み込みアンテナの場合は、モジュール）の設置位置の最適化

6.3 電波の出力損失の回避

電波出力が悪化するパターンをいくつか例示します。これらに該当する場合は、適切な対策を実施することで出力を改善できます。

- 大地(地面)は電波を吸収・反射するため、地面付近にアンテナを設置することは避け、アンテナを高く上げることを推奨します。また、湖面や海水など、大量の水がある区域でアンテナを水面に近づけて使用すると出力が大きく減衰します。水面から離しての使用を推奨します。
- アンテナの近くに金属製の物体がある場合、もしくは、金属製のシェルの中にアンテナが置かれている場合、信号の減衰は非常に深刻になります。金属に比較的強いアンテナも使用できるようになってきていますが、一般に専用の設計を要するため、個別の測定や検証を要します。
- 本モジュールに供給される電源の安定性が低い場合、電源の出力インピーダンスが高い場合などは、電源設計を見直してください。本モジュールは、送信時に瞬間的に電流を要します。給電ラインの電圧低下や電圧リプルの発生を抑えるように工夫をしてください。
- 本モジュールとアンテナの整合度が悪い場合や、アンテナ自体の品質に問題があると、通信に影響します。設置状態でのアンテナインピーダンスや本モジュールの取り付け状態などを確認してください。また、アンテナケーブル自体も信号減衰の要因となります。アンテナによって指定されたものや、プリント基板上の配線やコネクタについても信号減衰が少ない実装を行ってください。

6.4 デバイスの接続台数（同時使用台数）

理論上の接続可能台数

ZigBee®3.0 プロトコルの仕様上、1つのネットワークにおいて理論的には最大 65,535 台のデバイスが接続可能です。これは 16 ビットのネットワークアドレス空間に基づいています。

本モジュールの最大接続台数

本モジュールのメモリ容量による制限から、本モジュールをコーディネータとした場合に、ネットワークに接続できるルータおよびエンドデバイスの最大接続台数は 80 台です。

6.5 モジュールの使用環境

本モジュールの使用環境における注意点を示します。これらは例示であり、個々の設計者により適切な環境下でご使用ください。

- ・ 給電のための電源を確認して、定格電源電圧内にあることを確認してください。定格電圧を超えると、本モジュールは恒久的に損傷する可能性があります。
- ・ 設置および使用中は、必ず静電気防止対策を行ってください。本モジュールは金属シールドを施してありますが、高周波コンポーネントは一般に静電気に敏感です。
- ・ 設置および使用中は、高湿度を避けてください。内部で使用している高精度のオシレータコンポーネントなど、湿度に敏感なものを含みます。
- ・ 特別な要件がない場合は、高温または極低温環境下での連続使用は推奨しません。結露や部分的な過度な高温など、本モジュールの動作要件を逸脱する可能性があります。可能な限り、余裕のある動作環境を構築して利用してください。
- ・ 零下・低温時の動作についても、電波放射が正常に行われることを確認していますが、使用するバッテリーなどは、一般に零下以下の極低温域で安定した出力を得られるものは限定されます。低温使用時において異常が生じた場合、まず電源ラインの安定性の確認を推奨します。

6.6 BER（ビットエラーレート）

本モジュールは、電氣的な影響によってビットエラーが介入、混入する可能性があります。ZigBee®の O-QPSK 変調後の無線の送受信においては、BER 訂正・補完機能が働きビットエラーの発生確率は極めて低いため、通常の使用においてはそれを考慮する必要はありませんが、本モジュールおよびそれが実装されているプリント基板上で発生するノイズや外部 MCU のクロック精度などによって、UART 信号にエラーが混入することは希に生じます。ビットエラーやデジタルエラー回避のための参考例は以下のとおりです。

- ・ 近くに同周波数信号干渉がある場合は、BER が高くなります。干渉源から離れるか、干渉を避けるために周波数とチャンネルを変更してください。
- ・ 電源能力が不十分な場合、伝送データが文字化けする可能性があります。電源の信頼性を確保してください。
- ・ 信号や電源の延長ケーブルやフィーダーの品質が不十分または長すぎると、ビットエラー率が高くなる可能性があります。
- ・ UART 信号線上でのデジタル通信のビットエラーの検証には、チェックサム機能が使用できます。（HEX コマンドモードのみ）

6.7 パケット到達のリアルタイム性

ZigBee®プロトコルにおけるパケット到達のリアルタイム性は、主に以下の要因によって影響を受けます。

伝送遅延

ZigBee®のデータレートは 250kbps と比較的低速ですが、送信するデータ量が少ないため、数ミリ秒から数十ミリ秒の範囲内でパケットを伝送できます。これにより、センサーデータの収集や機器制御などの用途において一定のリアルタイム性を確保できます。

ネットワークトポロジー

ZigBee®ネットワークは、メッシュ型のトポロジーをサポートしています。メッシュネットワークでは、複数のルートを通じてデータを転送できるため、経路の冗長性が確保されますが、ホップ数が増えるとそれに比例して遅延も増加します。

確認応答 (ACK)

ZigBee®プロトコルにおける確認応答 (ACK) メカニズムは、パケット到達の信頼性を高める一方で、ネットワーク状態が悪い場合や干渉が多い環境では、再送が複数回発生することがあり、遅延が累積します。ZigBee®では、IEEE 802.15.4 の MAC 層と ZigBee®のネットワーク層の両方で ACK をサポートしています。

MAC 層 ACK :

受信側デバイスは、正常にパケットを受信すると、5～10 ミリ秒以内に自動的に ACK フレームを送信します。送信側が ACK を受信しない場合、再送を試みます。

ネットワーク層 ACK :

エンドツーエンドの確認応答で、中間ノードを経由する場合にも最終的な宛先からの確認を得ることができます。

6.8 他の 2.4GHz 通信機器との電波干渉

2.4GHz 帯における共存環境

本モジュールが使用する ZigBee®通信プロトコルは 2.4GHz 帯で動作します。この周波数帯は、以下のような様々な無線通信機器も共用しています。

- ・ Wi-Fi® (IEEE 802.11b/g/n/ax など)
- ・ Bluetooth®機器
- ・ 電子レンジ
- ・ ワイヤレスオーディオ機器

電波干渉が発生した場合、以下のような症状が現れる可能性があります。

- ・ 通信の遅延や不安定化
- ・ データ伝送エラーの増加
- ・ 通信距離の著しい低下
- ・ ネットワークの再形成頻度の増加

ZigBee®の干渉回避メカニズム

ZigBee®3.0 プロトコルには、干渉回避メカニズムとしてチャンネルアジリティ機能（干渉の少ないチャンネルへの自動切替）が実装されています。

6.9 モジュール制御ロジックの改良の禁止

本モジュールは、モジュール内部に省電力小型コントローラーを搭載することで、国内電波法、ARIB STD-T66 等の規定・規約に従った振る舞いを保証しています。設計者や使用者によってこれらの書き換え、改造などはできません。また、書き換えて使用された場合は、電波法に抵触する可能性があります。当社が提供する書き換え可能なファームウェア以外の使用におけるサポートは提供されませんのでご注意ください。

6.10 RSSI 値による送信電力制御

本モジュールは、受信時における電波受信強度を示す RSSI 値を取得する機能が搭載されています。RSSI 値を確認することで、おおよその送信デバイスとの電波伝搬特性上の距離などを把握することに使用できます。この値はアンテナ利得などによっても影響を受けますが、同一の 2 つのデバイス間での電波伝搬特性は対称性をもつといわれているため、返信出力電力を受信時の RSSI 値から逆算して低減させて電力の削減や電波使用効率を高めることも可能です。しかしながら、本モジュールのような 2.4GHz 帯高度化小電力データ通信システムにおいては、実際のモジュールの消費電力のうち送信電力で純粋に消費される電力はその一部であるため、これらの工夫による電力効率の改善については大きな期待はできないといえます。一方で、電波使用効率の最適化については、送信電力が他の通信に与える影響を大きく減らすことに貢献することから、アプリケーションの目的や設計者の工夫による効果は期待できます。

6.11 技術適合認証・電波法

本データシートで説明している Z240-CP13 は、工事設計認証(技術適合認証の量産設計認証)を取得しており、本モジュールと認証済みの指定アンテナとともに、そのままの形でモジュール本体の改良をせずに、本データシートに示す公開された手順に従った使用方法を遵守する限りにおいては、設計者が改めて技術適合認証や工事設計認証を取得する必要はありません。本モジュールの仕様は、将来改変される電波法令に抵触することが無い限り、設計者および使用者は認証や免許を取得せずに日本国領土・領海内(移動体搭載を含む)において使用可能です。通信衛星などに搭載される場合で、かつ、電波を発射する場合などに関しては、総務省など電波法制の監督局へお問い合わせください。

設計者によって、独自に設計した送信用アンテナを使用したい場合や、本モジュールを分解した場合、定格外の電源や使用法を行う場合などについては、改めて技術適合認証をその要件で取得する必要があります。通常は、当社ではそのような行為に関してのサポートは提供していません。設計者による特段の理由で対応が必要な場合は、当社サポート窓口までご連絡ください。

6.12 日本国外での使用について

本モジュールは、日本の電波法に基づく工事設計認証を取得しています。本モジュールは 2.4GHz 帯を使用する ZigBee®通信規格に準拠しており、この周波数帯は世界的に ISM (Industrial, Scientific and Medical) バンドとして広く認められています。ただし、この認証は日本国内での使用のみを対象としており、国外での使用については、各国・地域の電波法規制に準拠する必要があります。

7 推奨アンテナ

アンテナ（空中線）は通信性能において重要な役割を果たしており、多くの場合、性能の低いアンテナは通信システムに大きな影響を及ぼします。そのため、当社の ZigBee®省電力ワイヤレスモジュールを優れた性能とリーズナブルな価格でサポートするために、登録済み推奨アンテナの情報を提供しています。登録済みアンテナは随時更新（追加）されるため、最新情報をご確認ください。

7.1 Z240-CP13 2.4GHz 帯高度化小電力データ通信システムの使用可能アンテナ

工事設計認証または技術基準技適証明を取得した際に指定したアンテナ以外のご使用頂けませんので、当社がご案内する適合したアンテナをお求めください。ただし、受信機および受信専用での利用については高利得の鋭い指向性アンテナなども利用可能です。推奨アンテナのリストは随時更新されるため、別途提供する一覧にてご確認ください。

使用可能なアンテナの規格は、アンテナの特性データによって制限されます。Z240-CP13 においては、10dBm/MHz (10mW/MHz)を最大電力として設計しており、国内の認証機関においてその確認が行われています。本 2.4GHz 帯高度化小電力データ通信システムにおいては、EIRP（Equivalent Isotropic Radiation Power: 等価等方放射電力※）は、12.14dBm/MHz を超えない範囲と定められており、モジュール送信電力とアンテナ利得の積算が、(dB で加算が)12.14dBm/MHz を超えることができませんので、使用するアンテナの利得は 2.14dBi を超えないよう法令によって制限されることになります。当社が適合アンテナとして認証登録しているアンテナはこれらの基準を満たしたものです。アンテナは物理的、電気的な構造から、通信機の送信電力に伴う制限があり、10dBm/MHz (10mW/MHz)の極めて小さな電力はいずれのアンテナであっても安全に使用することができますが、性能を確保するためにはその選択と設置方法に注意してください。

※EIRP（Equivalent Isotropic Radiation Power: 等価等方放射電力）とは、アンテナからある方向に放射されるエネルギーを「等方性アンテナ」（理想アンテナ）での送信電力に置き換えたものです。

7.2 アンテナの VSWR 値

通常、本モジュール向けの登録認証アンテナは、2.4GHz 帯の VSWR が最小となるように設計されているものですが、この周波数位置が移動することによって、VSWR が大きくなり放射特性が悪化します。開発時などは VNA（ベクトルネットワークアナライザー）を使用することが一般的ですが、アンテナアナライザー、インピーダンスアナライザーなどの測定器を用いて設置状態における VSWR の測定を行うことで、容易に確認が可能です。

設置状態において、2.4GHz 付近の VSWR が 1.0 に近いことが望まれます。一般に VSWR 2.0 以下程度での使用が好ましく、3.0 を超えると送信電力に対して伝送損失が大きくなります。表 13 に VSWR および反射係数、リターンロス、伝送損失の対応をまとめます。

表 13 VSWR および反射係数、リターンロス、伝送損失の対応

VSWR	1.0	1.5	2.0	3.0	10
反射係数	0	0.2	0.33	0.5	0.82
リターンロス(dB)	∞	14.0	9.5	6.0	1.7
伝送損失(dB)	0	0.21	0.51	1.25	4.85

7.3 フレネルゾーン

電波の伝搬の効率性は、電波の伝搬空間におけるフレネルゾーンの確保によって決定されます。フレネルゾーンとは、送信アンテナと受信アンテナの位置関係（高さや距離など）によって決まる楕円空間状の電波伝搬に強い影響を与える空間であり、この空間の遮蔽物（大地や水面などを含む）の存在により電力のロスや反射が生じることで、伝送距離が縮まります。伝送距離は通信方式のリンクバジェットによって決まり、本モジュールは受信感度 $-99 \pm 1\text{dBm}$ を持ちます。実際の信号到達の可否は S/N 比によっても変化するため一概に求めることはできませんが、フレネルゾーンによって送信機が放射した電力が受信機に到達するまでの伝搬経路での損失を見積もることが可能であり、フレネルゾーン域における遮蔽物を減らすことが電波の到達性を向上させます。

フレネルゾーンは、無線周波数と送受信アンテナ間の距離によって決まり、楕円形空間として表されるため、特に、最も広がる中心部分の断面（地面などを想定した場合高さ）が遮蔽されない高さにアンテナを設置することが効果的とされます。通常アンテナ設置の地上高として考えることが一般的で送受信双方の地上高が確保できることが理想的ですが、一方だけであってもその効果は期待できます。アンテナからの放射電力における遮蔽物による電力損失は受信電力の減衰に影響し、本モジュールの受信限界感度を下回ることによって受信電力を正しく復元できない状態となり受信に失敗します。フレネルゾーン内の遮蔽断面積が少なくなるようなアンテナの設置方法検討することで、受信感度の確保が可能です。表 14 に地表面での 2.4GHz における通信距離に対するフレネルゾーンをまとめます。

通常の地表面での一般的な利用においては、自由空間における 2.4GHz 無線周波数の距離減衰に対して地上高や遮蔽物による影響の方が極めて大きいため、フレネルゾーンを確保するようなアンテナ設置を検討することが電波送達性能の向上に寄与できます。

一方で、遮蔽物がほとんど存在しない、空中、もしくは、上空に向けた通信の場合は、開放区間として取り扱うことができるため、通信飛距離は格段に伸ばしやすく、その場合は使用周波数における空間減衰特性も考慮すべきです。

表 14 2.4GHz における通信距離に対する大地に対するフレネルゾーン

通信距離(m)	1	2	5	10	20	50	100	200	500
フレネル半径 理想アンテナ高(m)	0.2	0.3	0.4	0.6	0.8	1.3	1.8	2.5	4.0
フレネル半径の 60% アンテナ高(m)	0.1	0.1	0.2	0.3	0.5	0.8	1.1	1.5	2.4

実際には横方向の開放空間も考慮する必要があります。電波の伝播イメージは、図 10 のように送信機と受信機間の距離が大きくなればなるほど、楕円形であるフレネルゾーンの高さ(幅)は大きくなります。

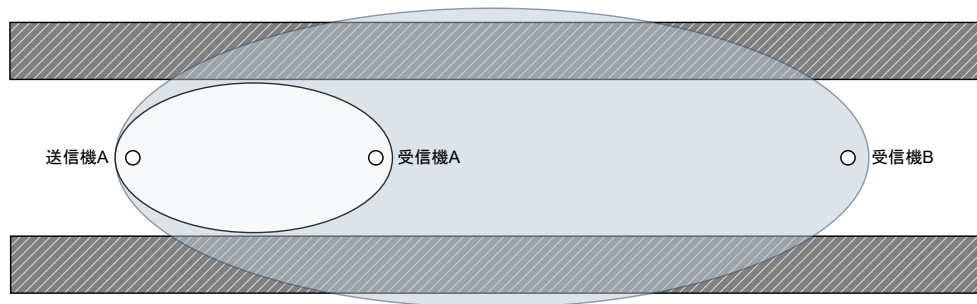


図 10 電波の伝播イメージとフレネルゾーンの距離と高さ(幅)の関係

このフレネルゾーンとは、電波の行路長差による位相の変化が π 以内になる範囲のことであり、このフレネルゾーンを通過する波は(波面の波のように)互いに強め合って合成される性質があります。図 11 に示す通り、送信機と受信機を結ぶ直線上に何も障害物がなくても、この楕円形の範囲内に地面や水面などを含む障害物があると、反射などの影響によって位相変化が発生し、伝送距離に影響を与えます。フレネルゾーンの定義や電波伝搬の原理から、アンテナを高い位置に設置することで、地表面から離し地表の遮蔽物の影響を小さくできます。送受信機の双方のアンテナを高所に設置することは現実的では無い場合が多いですが、片方だけをビルの屋上や高層階の窓際などに設置することで大きく到達距離に差が生じます。

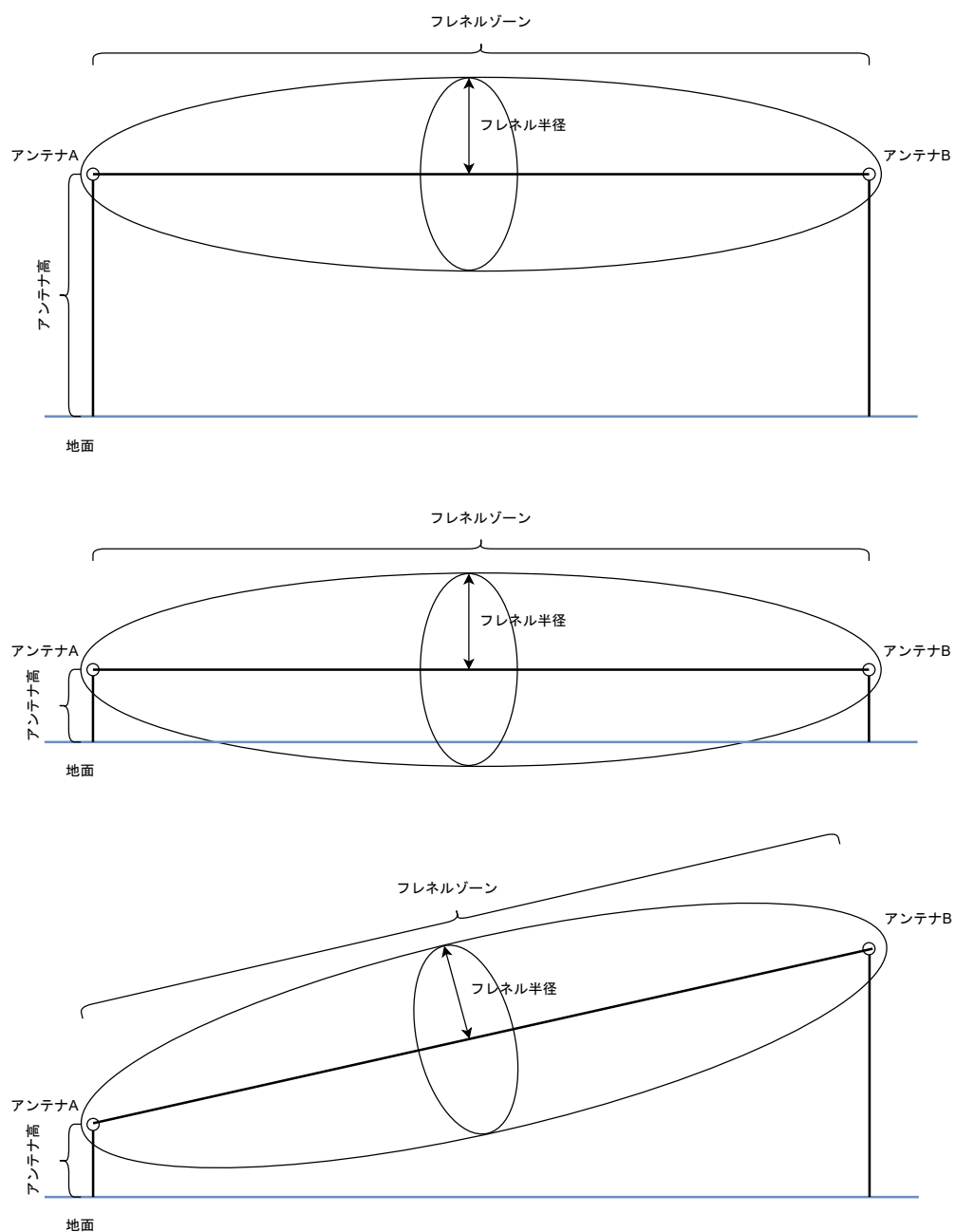


図 11 フレネルゾーンとアンテナ高の関係

7.4 外部アンテナの設置方法

アンテナ素子部分がエンベロープ（通常は樹脂製の筒）に覆われた完成外部アンテナは、その外装やコネクタの性質から、耐候性（防水や紫外線耐性など）、非耐候性のものがあります。耐候性のものであっても、コネクタのケースとの接合などによって必ずしも耐候性能がそのアンテナ全体で保証されているとは限りませんが、一般に非耐候性のものと比較すると、耐紫外線効果が高い樹脂や、雨滴の付着などによる特性劣化が小さいものが使用されている傾向があります。

また、外部アンテナは通常ケースの外に露出して使用する設計のため、アンテナの外装樹脂が直接外気にさらされることを想定しています。また、その外装樹脂はコネクタ部の金属端子以外が他の物質に触れない状態で設置することが望ましく、近辺に壁や金属が配置されないことが好ましいといえます。アンテナ付近に金属が存在した場合、アンテナの VSWR（電圧定在波比：アンテナに送信した電力の反射波の率）特性が劣化します。



図 12 一般的な 2.4GHz 対応アンテナ(左:非防水、右:防水・耐候性)

7.5 PCB 基板・FPC 基板の設置方法

ケース・筐体に内蔵しやすい形状のアンテナとして、プリント基板（PCB）にパターンされたものや、薄いフレキシブル基板などがあり、多くの場合それらは両面テープなどを用いて筐体内に容易に固定できる形状となっています。これらの形状の基板は機器内蔵アンテナとしてよく利用されますが、その性質や扱いやすさについてはいくつかの点で注意を要します。

一般に多くの PCB や FPC アンテナは、樹脂性のケースにテープなどで固定されることで、設計した特性が得られるように作られています。そのため、取り付けるケースの素材や取り付ける場所、取り付けたアンテナからケース内包物などの近接距離などの影響によって、特性や性能が劣化しやすい状態になりやすいことに注意が必要です。アンテナメーカーがドキュメントを公開している場合はそれに従うことも可能ですが、実際には具体的な設置・取り付け方法に言及されていない場合がほとんどです。これらの種類のアンテナの多くは、厚さ数ミリ程度の ABS やポリカーボネイト樹脂板に貼り付けて使用することを想定しており、周囲に金属が無い状態を理想としています。

また一般には、2.4GHz 帯通信用アンテナは偏波面が垂直偏波となるように取り付けする方が好ましい場合がほとんどです。実際の特性を確認する場合は、外部アンテナ同様にインピーダンスアナライザなどを用いて、VSWR が 2.4GHz 近辺で十分に下がっていることを観測してください。VNA を使用する場合は、S11 係数や VSWR を表示する機能を使用することも可能です。設置場所を変更することが難しく、2.4GHz に対してのマッチングが悪い場合（ずれた周波数に VSWR の谷がある場合、もしくは、スミスチャートの中心である $1.0R \pm 0j$ から大きくずれている場合）、マッチング回路を追加することで整合させることが可能です。解決方法・内容はアンテナメーカーや高周波回路設計事業者などの協力を得るか、マイクロ波帯の高周波インピーダンス整合に関する専門情報を参照してください。本モジュール向けに登録されているこれらのアンテナの例を図 13 に示します。PCB アンテナは硬質のプリント基板用素材で作られたもので、厚さは 0.6～1.6mm 程度のものが一般的です。FPC アンテナは折り曲げも可能なフィルム素材にアンテナパターンがプリント基板同様に施されています。通常折り曲げて使用することは想定されていないため、曲げて使用すると放射性能に影響を与える可能性があります。

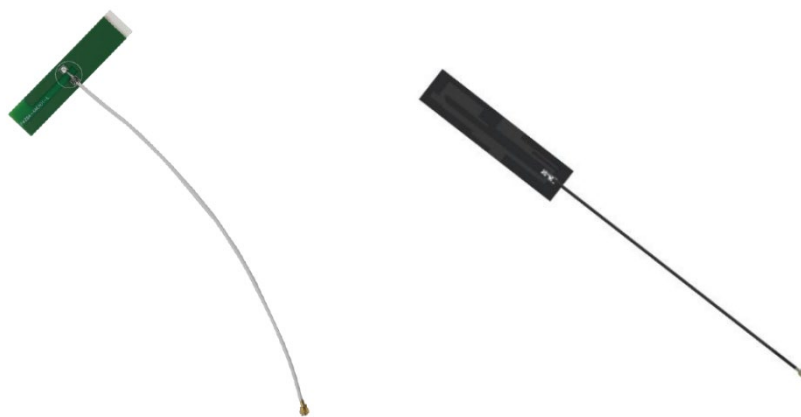


図 13 一般的な 2.4GHz 対応 PCB アンテナ (左) FPC アンテナ (右)

7.6 アンテナサイズと VSWR の関係

アンテナのサイズは原則として取り扱う波長や電力によって決まることがほとんどですが、本モジュールの電力は一般的なアンテナサイズ形状に対して十分小さいので、通常は電力を気にする必要はありません。（当社が認証を取得しているアンテナは、ほとんどが 1W～2W 以上の設計電力を持ちます）波長に対するアンテナのサイズは、 $\lambda/2$ ダイポールアンテナで（若干の比誘電率による短縮効果はありますが、通常は）6～8cm 程度となります。図 14 に実測結果を示しますが、周波数のマッチングする VSWR の谷のカーブは比較的緩やかであり、VSWR 最小のポイントを含めた VSWR<2.0 の範囲(実用的に使用できるアンテナの帯域幅)は 300MHz 程度あります。一方で、アンテナサイズの小型化を図った小型アンテナにおいては VSWR の谷部分の特性がより尖鋭になり、僅かなずれでマッチングが極端に悪化して VSWR が劣化しやすくなる傾向があります。小型アンテナを使用する場合は、よりこの点に注意を払う必要があります。アンテナ周囲の物質などの影響を受けてこのマッチング周波数がずれてしまい、期待通りの電波放射が実現できなくなります。この比較は、本モジュールの同条件での受信側における RSSI 値を観測するとすぐにその差に気付くと思います。測定器が無い場合は、簡易的に条件の良いアンテナと相対的に比較することで確認することも可能です。

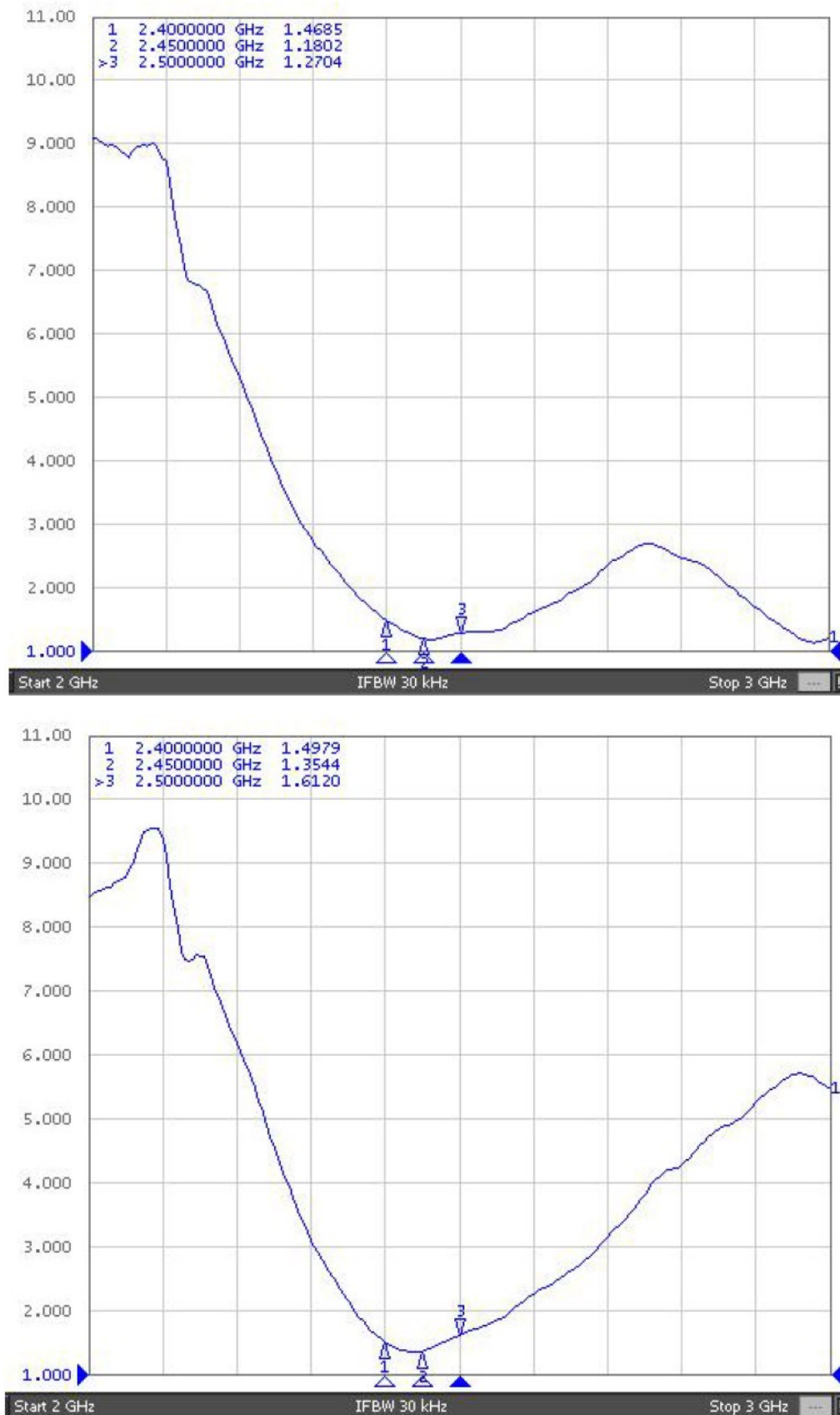


図 14 アンテナによる VSWR 特性の違い (上: $\lambda/2$ ダイポールアンテナ、下: 小型アンテナ)

8 リフロー・ソルダリングガイド

表 15 にリフロー時の参考となる管理温度、図 15 に温度設定の時間遷移を示します。本モジュールは、RoHS 準拠部品はすべて、Sn-Pb はんだ実装プロセスと下位互換性があります。はんだ付け温度は、鉛フリーはんだを適切に溶融させるために 230°C 超でなければなりません。いずれのはんだ付け方法であっても、最適なリフロープロファイルは、はんだ材料、はんだ量、フラックス、はんだ付けされた各コンポーネントの限界温度、回路基板とコンポーネント材料の熱伝達特性、およびすべてのコンポーネントのレイアウトに依存します。回路基板上の最も脆弱なコンポーネントの時間限界と温度により、使用すべき実際の温度プロファイルが最終的に決まります。

表 15 リフローソルダリング管理温度

プロファイル項目	Sn-Pb 実装	Pb-Free 実装
Solder Paste / はんだペースト材	Sn63/Pb37	Sn96.5/Ag3/Cu0.5
Preheat Temperature min / 最小予熱温度 (T _{smin})	100°C	150°C
Preheat temperature max / 最大予熱温度 (T _{smax})	150°C	200°C
Preheat Time (T _{smin} to T _{smax}) / 予熱時間 (ts)	60 – 120 sec	60 – 120 sec
Average ramp-up rate (T _{smax} to T _p) / 平均上昇率	3°C/second max	3°C/second max
Liquidous Temperature (T _L) / 融点	183°C	217°C
Time (t _L) Maintained Above (T _L) 融点での維持時間	60 – 90sec	30 – 90 sec
Peak temperature / ピーク温度 (T _p)	220 – 235°C	230 – 250°C
Average ramp-down rate (T _p to T _{smax}) / 平均冷却率	6°C/second max	6°C/second max
Time 25°C to peak temperature / ピーク温度までの時間	6 minutes max	8 minutes max

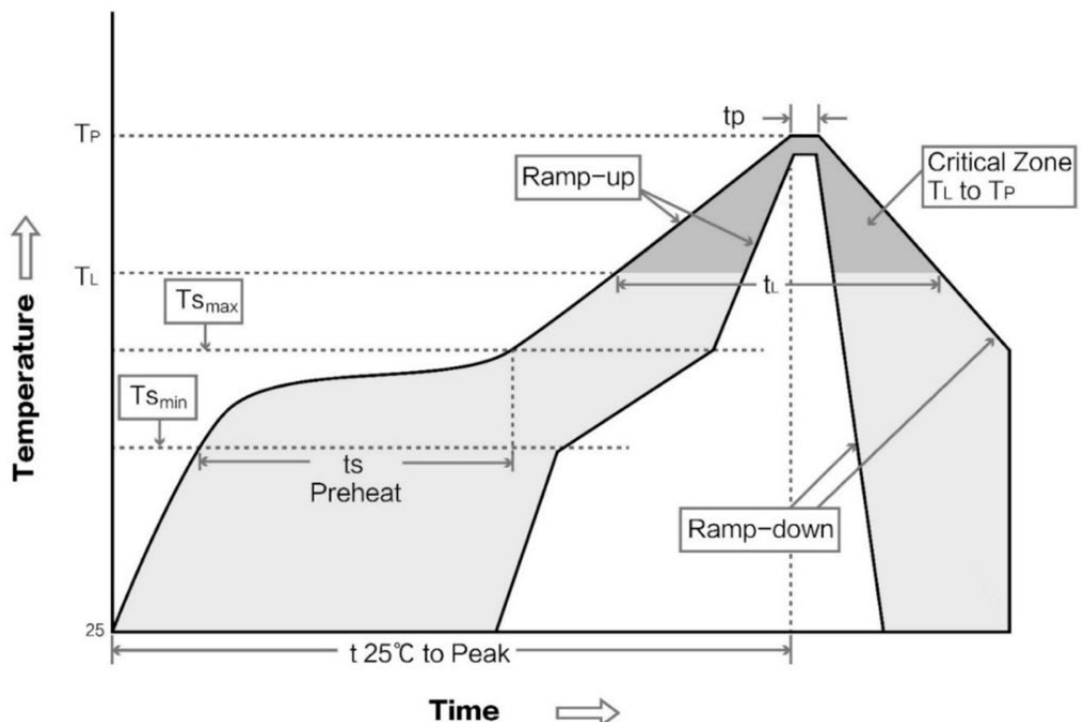


図 15 リフロー・ソルダリングカーブ

はんだ実装面のフットプリントは、図 16 推奨フットプリントのパターンを使用してください。また、GND ピンのベタグラウンドへの接続スポークなどの線幅などについては、本モジュールの GND パッドが広いことを考慮して、リフローやはんだ実装時の安定した実装が行える程度に設計プリント基板のレイアウトによって設定することを推奨します。

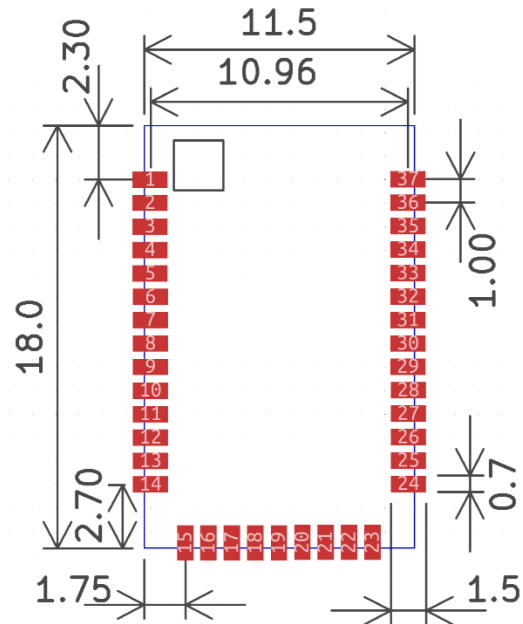
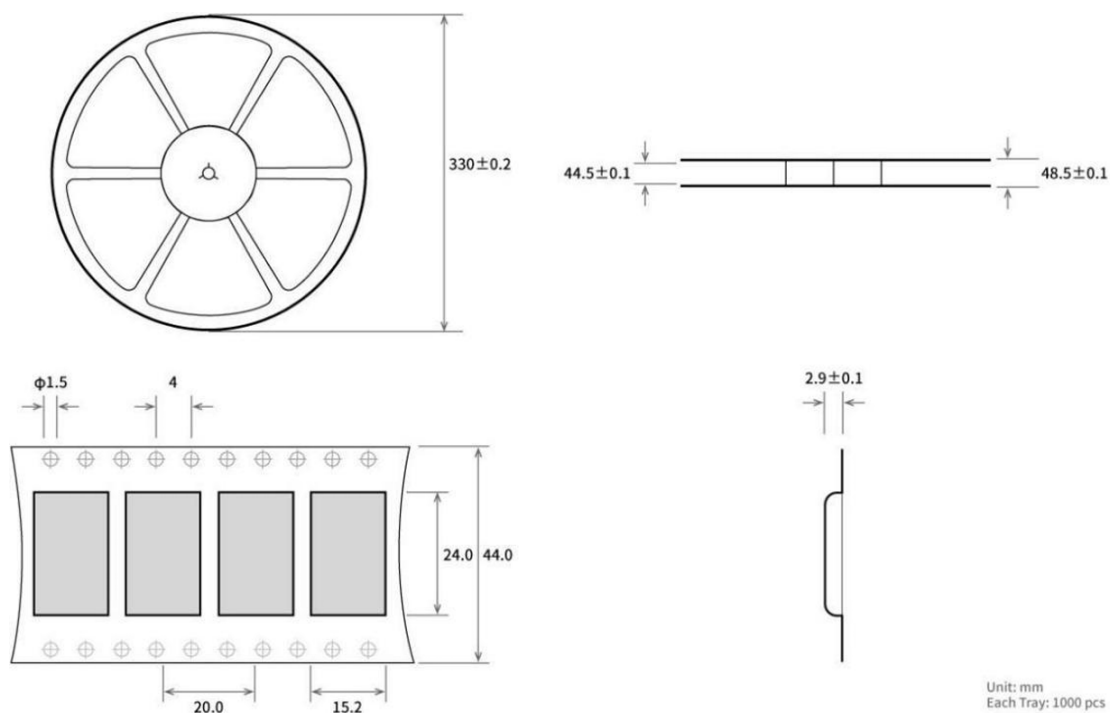


図 16 推奨フットプリント

9 バルクオーダーパッケージ

リール単位でのオーダー時は、機械実装用リールでの梱包単位で、真空に近い状態で製造時にパッキングして出荷されます。

リール梱包単位: 1,000pcs



リール単位未満でのオーダーの場合は、原則として出荷時におけるファームウェアのバージョンの指定はできません。出荷品のファームウェアについては、販売チャンネルにお問い合わせください。

10 製品の問い合わせ・サポート

本製品の、営業・技術サポートに関するお問い合わせ

CLEALINK TECHNOLOGY CO., LTD.

IoT 製品取り扱い・サポート専用サイト「DRAGON TORCH」

製品情報サイト <https://dragon-torch.tech/>

製品サポート <https://support.dragon-torch.tech/>



製品情報サイト



製品サポートサイト

技術的なサポートについて、そのすべての対応を保証するものではありません。本ドキュメント記載の内容の範囲を大きく超える内容、もしくは、当社、関係各社の機密などに関する内容、科学的なエビデンスや論拠の乏しい偶発的な内容などについては、回答できない場合があります。また、暗号処理を含む、当社等の技術的開示を秘匿としている内容などにつきましては、お問い合わせいただいた場合でも回答は控えさせていただきます。

製品開発元 <https://clealink.jp/>

〒619-0237 京都府相楽郡精華町光台 1-7

けいはんなプラザ ラボ棟 7F

株式会社クレアリンクテクノロジー IoT コンポーネント担当

CLEALINK TECHNOLOGY CO., LTD.

IoT components team

Keihanna Plaza Labo-wing 7F,

1-7, Hikari-dai, Seika-cho, Souraku-gun, Kyoto, Japan, 6190237

11 製品の製造について

11.1 品質・ISO 認証

本製品は、Chengdu Ebyte Electronic Technology Co., LTD. (EBYTE 社)、ISO 認定工場にて製造されたものです。認証に関わる情報が必要な場合は、株式会社クレアリンクテクノロジーの営業問い合わせ先へお問い合わせください。

本製品製造工場は、ISO9001 をクリアした品質管理工程の下、製造されています。

ただし、本製品モジュール部以外の実装品や付属品、登録アンテナについては、メーカー各社の製造要件に従って製造されているため、当社において個別に回答することはできかねます。各アンテナメーカー様にご確認ください。

11.2 RoHS 認証

製品の製造プロセスは、Pb フリーの製造プロセスを使用しております。採用プロセス、生産ラインにおける RoHS、RoHS 2.0 指令の準拠検査を行っています。

アンテナやモジュール以外の評価基板や関連製品などにおいては、Pb フリーではないものも含まれる可能性があります。それぞれの製品の製造者へご確認ください。

11.3 日本国外でのご利用に関して

本製品の日本国外での使用については、本文書の範囲の使用方法において、対応しておりません。海外での使用をご検討のお客様は、弊社、担当営業まで詳細をお問い合わせください。随時、海外における情報や製品アップデートの提供などをおこなっており、お客様に最適な最新情報を提供させていただきます。

改訂履歷

2025 年 8 月 7 日

初版

Z240-CP13 Firmware ver.1.3

重要事項

株式会社クレalinkテクノロジーは、このドキュメントのすべての内容の最終的な解釈および変更の権利を留保します。

製品のハードウェアとソフトウェアは継続的に改善されているため、このドキュメントは予告なしに変更されることがあります。その場合、本ドキュメントの最新バージョン、および、リビジョンが優先されます。この製品を使用する設計者は、当社の Web サイト等を通じて、製品の動向に注意し、本製品の最新情報をタイムリーに取得してください。

Important Notice

CLEALINK TECHNOLOGY CO., LTD. reserve the right of final interpretation and modification of all contents of this document.

Since the product hardware and software are continually improved, this document may change without notice. In such cases, the latest version and revision of this document shall take precedence. Designers using this product should pay attention to product trends and obtain the latest information on this product in a timely manner through our website, etc.

